

**PENGARUH PERLAKUAN PERENDAMAN SERABUT KELAPA
PADA AIR BATU KAPUR TERHADAP DAYA REKAT
DENGAN MATRIKS**

DISERTASI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI MATERIAL MANUFAKTUR

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Doktor Teknik**



SUTRISNO

NIM. 177060200111007

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2021**

DISERTASI

**PENGARUH PERLAKUAN PERENDAMAN SERABUT KELAPA
PADA AIR BATU KAPUR TERHADAP DAYA REKAT DENGAN MATRIKS**

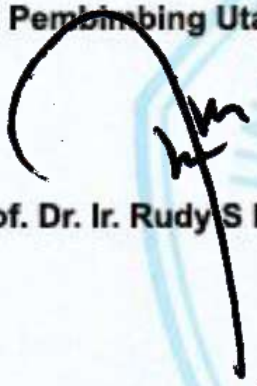
SUTRISNO
177060200111007

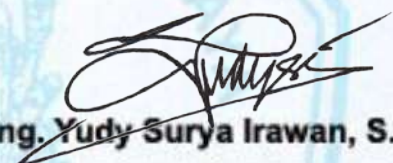
**Telah dipertahankan di depan komisi penguji
pada tanggal 29 Juni 2021
memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar Doktor Teknik**

Komisi Pembimbing

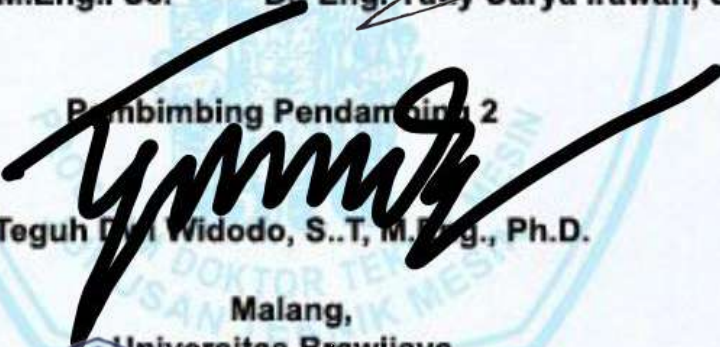
Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping I



Prof. Dr. Ir. Rudy S M.Eng.. Sc.


Dr. Eng. Yudy Surya Irawan, S.T., M.Eng.

Pembimbing Pendamping 2


Teguh Dwi Widodo, S.T., M.Eng., Ph.D.

**Malang,
Universitas Brawijaya
Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin
Ketua Program Doktor Teknik Mesin**


Prof. Dr. Eri Anindito Purnowidodo, S.T., M.Eng.
NIP. 197103101998021001



IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul Disertasi : Pengaruh Perlakuan Perendaman Serabut Kelapa Pada Air Batu Kapur Terhadap Daya Rekat Dengan Matriks

Nama Mahasiswa : Sutrisno
 NIM : 177060200111007
 Program Studi : S3 Teknik Mesin
 Minat : Material Manufaktur

KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing Utama : Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng., Sc.
 Pembimbing Pendamping 1 : Dr. Eng. Yudy Surya Irawan, S.T., M.Eng.
 Pembimbing Pendamping 2 : Teguh Dwi Widodo, S.T., M.Eng., Ph.D.

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Prof. Dr. Ir. Pratikto, MMT.
 Dosen Penguji 2 : Dr. Putu Hadi Setyarini, S.T., M.T.
 Dosen Penguji Tamu : Prof. Dr. Ir. Agus Suprpto, M.Sc., Ph.D.

Disertasi ini telah diuji pada

Ujian Proposal : 12 Februari 2020

Komisi Hasil : 15 Desember 2020

Ujian Tertutup : 29 Juni 2021

**PERNYATAAN
ORIGINALITAS DISERTASI**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah DISERTASI ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah DISERTASI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia DISERTASI dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Malang , 29 Juni 2021
Mahasiswa,



Sutrisno
177060200111007

TURNITIN



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM DOKTOR



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 751/UN10.F07.12.31/PP/2021

Sertifikat ini diberikan kepada :

SUTRISNO

Dengan Judul Disertasi :

**PENGARUH PERLAKUAN PERENDAMAN SERABUT KELAPA PADA
AIR BATU KAPUR TERHADAP DAYA REKAT DENGAN Matriks**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 5\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal



PROF. DIAROT B. DARMADEL, Ir., MT., Ph.D
NIP. 19620518-199412 1 001

Malang, 22 Juli 2021

Ketua Program Studi S3 Teknik Mesin

PROF. ANINDITO P. S.L., M.Eng., Dr. Eng.
NIP. 19710310 199802 1 001

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Sutrisno, lahir di Wonogiri, 13 Agustus 1975, anak ke-2 dari 3 bersaudara. Ayah Sudir Somo Sumarto, dan Ibu Suyatmi.

Pengalaman pendidikan, pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri II Gondangsari, Jatisrono pada tahun 1982-1987. Pendidikan Sekolah Menengah di SMP Negeri 1 Jatisrono pada tahun 1987-1990. Pendidikan Sekolah Menengah di STM Negeri 2 Surakarta pada tahun 1991-1994. Pada tahun 1998 menempuh pendidikan Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Merdeka Madiun lulus tahun 2002. Tahun 2011 menempuh pendidikan Magister di Program Studi Teknik Mesin Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta, lulus tahun 2013. Pada tahun 2017 melanjutkan pendidikan program Doktor Teknik Mesin di Program Studi Teknik Mesin, Pascasarjana Universitas Brawijaya Malang.

Pengalaman kerja, tahun 1994 -1996 bekerja di PT. Wedia Raya Surakarta. Tahun 1996-1998 Bekerja di PT. Trakindo Utama Jakarta.. Tahun 2003 – sekarang bekerja sebagai tenaga pengajar di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Merdeka Madiun.

Pengalaman jabatan struktural, tahun 2013-2015 ketua laboratorium teknik mesin, Fakultas Teknik Universitas Merdeka Madiun. Tahun 2015-2017 sebagai sekertaris Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Merdeka Madiun.

Madiun, 5 Juli 2021

Penulis

Sutrisno

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan karunia-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan disertasi dengan judul **“Pengaruh Perlakuan Perendaman Serabut Kelapa Pada Air Batu Kapur Terhadap Daya Rekat Dengan Matriks”**. Disertasi ini diajukan ke Program Studi Doktor Teknik Mesin Universitas Brawijaya sebagai syarat kelayakan memperoleh gelar doktor dalam bidang ilmu teknik mesin.

Disertasi ini berisi rancangan penelitian mengenai usaha-usaha peningkatan sifat mekanik dan morfologi serabut alam (serabut kelapa) sebagai upaya peningkatan kualitas serabut alam sebagai penguat material komposit. Peningkatan sifat mekanik dan morfologi serabut dilakukan dengan proses perendaman dalam larutan air batu kapur. Penelusuran teori-teori penemuan terdahulu, pengujian-pengujian karakteristik dilakukan sebagai upaya bahan kajian secara komprehensif dalam usaha peningkatan kualitas serabut alam.

Diskusi intensif telah dilakukan dengan para pembimbing sebagai proses penelaahan jurnal ilmiah, penyiapan metode penelitian, proses pengambilan data, analisa, dan pembahasan, namun keterbatasan daya dukung penelitian, dan keterbatasan pengetahuan penulis, maka sangat memungkinkan disertasi ini banyak kekurangan. Oleh karena hal tersebut, sangat diharapkan adanya masukan dari komisi pembimbing, dewan penguji, dan pembaca sebagai upaya penyempurnaan disertasi ini.

Pada akhirnya penulis berharap semoga disertasi ini, dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang pemanfaatan serabut alam sebagai penguat material komposit.

Madiun, 5 Juli 2021

Penulis

Sutrisno

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SW. Atas berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan disertasi yang berjudul **“Pengaruh Perlakuan Perendaman Serabut Kelapa Pada Air Batu Kapur Terhadap Daya Rekat Dengan Matriks”**, untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar doktor di Universitas Brawijaya. Disertasi ini dapat terwujud karena karunia Allah SWT semata melalui kerjasama dan dukungan beberapa pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada :

- a. Kementrian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan beasiswa melalui program BPPDN kepada penulis.
- b. Yayasan Perguruan Tinggi Merdeka Madiun, Rektor, dan Dekan Fakultas Teknik, yang telah memberikan bantuan, ijin, dan dukungan untuk melanjutkan studi S3, serta seluruh dosen dan staf Universitas Merdeka madiun atas segala bantuannya.
2. Komisi pembimbing : Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng., Sc. Selaku promotor, Dr. Eng. Yudy Surya Irawan, S.T., M.Eng., Selaku Ko-promotor 1, Teguh Dwi Widodo, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku ko-promotor 2, yang telah membimbing, mengarahkan dan memotivasi penulis untuk dapat menyelesaikan studi.
3. Tim Penguji : Prof. Dr. Ir. Pratikto, MMT., dan Dr. Putu Hadi Setyorini, S.T., M.T., yang telah banyak memberikan saran, koreksi, dan masukan untuk perbaikan laporan disertasi ini.
4. Prof. Dr. Eng. Anindito Purnowidodo, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan program doctoral.
5. Para Dosen PDTM FT Universitas Brawijaya yang telah memberikan pengetahuan, bimbingan serta teladan yang baik, juga seluruh staf dan pegawai di lingkungan Fakultas Teknik dan Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
6. Rektor, Direktur Pascasarjana, Dekan Fakultas Teknik dan Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan Studi Program Doktor.

7. Orang tua penulis (almarhum Bapak Sudir Somo Sumarto dan ibu Suyatmi) dan Bapak ibu mertua (bapak Ngadijono dan almarhum Ibu Marsini) yang telah memberikan dukungan dengan penuh keikhlasan dan kesabaran.
8. Istri tercinta Diana Yeni Asmara, S.E., anaku tersayang : Mirzam R. F. S., Samudera R. P. S., Putri S. P. G., yang senantiasa mendoakan, memberi dukungan dan semangat dalam menyelesaikan studi.
9. Teman-teman PDTM angkatan 2017, atas kebersamaan dan bantuannya selama menyelesaikan studi.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Madiun, 5 Juli 2021

Penulis

Sutrisno



RINGKASAN

Sutrisno, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Maret 2021. Pengaruh Perlakuan Perendaman Serabut Kelapa Pada Air Batu Kapur Terhadap Daya Rekat Dengan Matriks, Komisi Pembimbing, Ketua : Rudy Soenoko, Anggota : Yudy Surya Irawan dan Teguh Dwi Widodo.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang rekayasa material serta berkembangnya isu lingkungan hidup menuntut terobosan baru dalam menciptakan material yang berkualitas dan ramah lingkungan. Dalam dunia industri banyak menggunakan material komposit sebagai salah satu pendukung ketersediaan material, dimana material komposit tersebut banyak menggunakan material sintetis sebagai penguatnya. Proses pembuatan bahan sintetis mengakibatkan pencemaran lingkungan, maka perlu diusahakan penggantian bahan yang ramah lingkungan. Serabut alam mempunyai kelebihan dan kekurangan, kekurangan serabut alam antara lain : kualitas serabut yang tidak seragam, daya serap air yang tinggi, dan sulit berikatan dengan matriks. Upaya untuk mendapatkan sifat material komposit berpenguat serabut alam perlu dilakukan perlakuan khusus untuk mendapatkan sifat serabut yang kuat juga mampu berikatan dengan matriks.

Salah satu serabut alam yang saat ini dikembangkan yaitu serabut kelapa sebagai penguat material komposit. Di Indonesia, pohon kelapa merupakan komoditas utama hasil perkebunan. Serabut kelapa berasal dari kulit buah kelapa. Keberadaan serabut kelapa jumlahnya sangat berlimpah. Serabut kelapa pemanfaatannya tidak maksimal.

Perlakuan kimia terhadap serabut menyebabkan degradasi permukaan serabut yang dapat menyebabkan kerusakan permukaan sehingga menurunkan sifat mekanis serabut tersebut, sehingga perlu adanya perlakuan alami yang dapat membersihkan serabut tetapi tidak merusak serabut tersebut. Perlakuan serabut dapat mengurangi sifat hydrophilik serabut, sehingga serabut dapat berikatan dengan matriks polimer. Dari latar belakang permasalahan yang telah dikemukakan maka perlu dilakukan penelitian dengan rumusan masalah sebagai berikut, (a) Bagaimana pengaruh perendaman serabut kelapa pada air batu kapur terhadap permukaan serabut, (b) Bagaimana pengaruh perendaman serabut kelapa pada air batu kapur terhadap sifat kuat tarik, kebasahan, dan kuat geser.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan serabut kelapa sebagai material pokok, air batu kapur sebagai media perendaman, dan resin polyester 157 BQTN-EX. Perlakuan pertama yaitu dengan merendam serabut kelapa dengan variasi massa batu kapur : 0, 2,5, 5, 7,5, 10% dengan lama perendaman 8 jam. Proses selanjutnya menguji kandungan serabut dan menguji sifat mekanik (kuat tarik). Setelah variasi massa batu kapur, dilanjutkan dengan variasi lama perendaman : 0, 4, 8, 12, 16, dan 20 jam. Serabut kelapa yang sudah dilakukan perlakuan dilanjutkan dengan

pengujian serabut tunggal, pengujian gugus fungsi (FTIR), pengujian kristalinitas (XRD), pengujian morfologi (FESEM), pengujian pull-out, dan pengujian *wettability*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan perendaman kelapa dalam larutan air batu kapur mampu membersihkan permukaan serabut. Analisis kimiawi, XRD, dan FTIR menunjukkan hilangnya material amorf. Analisis FTIR menunjukkan bahwa serabut tanpa perlakuan masih menunjukkan lignin dan hemiselulosa, sedangkan serabut dengan perlakuan menunjukkan serabut yang lebih bersih (kandungan lignin dan hemiselulosa berkurang). Perlakuan ini menunjukkan bahwa dengan merendam batu kapur, air dapat menghilangkan hemiselulosa dan lignin. Perendaman serabut kelapa selama 8 jam dengan konsentrasi massa batu kapur 5% dapat meningkatkan kekuatan tarik, kebasahan, dan tegangan geser. Peningkatan sifat serabut tersebut disebabkan karena permukaan serabut bersih, kasar, dan berlekuk. Penetrasi matriks dapat menembus ke dalam yang menyebabkan ikatan antara matriks dan serabut menjadi lebih baik. Tegangan geser antar muka antara matriks dan serabut meningkat. Serabut kelapa memiliki kompatibilitas yang sangat baik dengan resin polyester, hal tersebut dapat dilihat dari hasil pengujian *pull out*. Serabut kelapa yang direndam dalam air kapur selama 8 jam memiliki kekuatan tarik serabut kelapa 234,62 MPa dan nilai tegangan geser 3,80 MPa serta memiliki ikatan yang baik antara serabut dan resin, seperti hasil pemindaian mikroskop. Perendaman serabut dalam air kapur menandakan adanya resin yang masuk ke dalam serabut atau permukaan serabut dapat terikat kuat pada matriks.

Kata kunci : Serabut kelapa, air batu kapur, perendaman, morfologi permukaan, energi permukaan, kuat tarik, kuat geser antar muka



SUMMARY

Sutrisno, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, March 2021, *Effect of Coconut Coir Fiber Immersion Treatment in Limestone Water on Adhesion with Matrix*, Academic Supervisor: Rudy Soenoko, Members: Yudy Surya Irawan and Teguh Dwi Widodo

The development of science and technology in the field of materials engineering, as well as the result of environmental issues, demands breakthroughs in creating quality and environmentally friendly materials. In the industrial world, many use composite materials to support material availability, where the composite material uses a lot of synthetic materials as reinforcement. Making synthetic materials causes environmental pollution, so it is necessary to make efforts to replace environmentally friendly materials. Natural fibers have advantages and disadvantages, the disadvantages of natural fibers include non-uniform fiber quality, high water absorption, and it isn't easy to bind to the matrix. Efforts to obtain the properties of natural fiber reinforced composite materials need special treatment to get fiber properties that are strong and able to bind to the matrix.

One of the natural fibers currently being developed is coconut coir as a reinforcing composite material. In Indonesia, coconut trees are the primary commodity of plantation products. Coconut coir fibre comes from the skin of the coconut fruit. The presence of coconut fibre was very abundant. The utilization of coconut fibre was not optimal.

Chemical treatment of fibers causes degradation of the surface of the fibers, which can cause surface damage, thereby reducing the mechanical properties of the fibers, so there was a need for natural treatments that can clean the threads but not damage the fibers. Fiber treatment can reduce the hydrophilic nature of the fiber so that the thread can bind to the polymer matrix. From the background of the problems that have been stated, it is necessary to conduct research with the following problem formulations, (a) How is the effect of soaking coconut coir fibers in limestone water on the surface of the fiber, (b) How is the effect of soaking coconut coir fibers in limestone water on strong properties tensile, wetness, and shear strength.

The research was carried out experimentally using coconut coir fiber as the primary material, limestone water as a soaking medium, and polyester resin 157 BQTN-EX. The first treatment was to soak coconut coir fiber with limestone mass variations: 0, 2.5, 5, 7.5, 10% with a long soaking time of 8 hours. The following process was to test the fiber content and test the mechanic (tensile strength). After the limestone mass variation, they were followed by the immersion time variation: 0, 4, 8, 12, 16, and 20 hours. Coconut coir fibers that have been treated are continued with single fiber testing,

functional group testing (FTIR), crystallinity testing (XRD), morphological testing (FESEM), pull-out testing, and wettability testing.

The results showed that the treatment of coconut coir soaking in a solution of limestone water was able to clean the surface of the fibers. Chemical, XRD, and FTIR analysis showed loss of amorphous material. FTIR analysis showed that untreated fibers still showed lignin and hemicellulose, while treated fibers showed cleaner fibers (reduced lignin and hemicellulose content). This treatment shows that by soaking limestone, water can remove hemicellulose and lignin. This treatment process includes an alkaline process with medium strength so that the main component of the fibre (cellulose) is not damaged. In the treatment process, lignin reacts with $\text{Ca}(\text{OH})_2$ solution to become Ca^+ and OH^- . The OH^- ion reacts with the H group on the lignin. In the treatment process, the O group reacts with Ca^+ and dissolves in the alkaline solution, the percentage of lignin decreases. Soaking coconut coir fibers for 8 hours with a mass concentration of 5% limestone can increase tensile strength, wetness, and shear stress. The increase in fiber properties is due to the clean, rough, and grooved surface of the fiber. The penetration of the matrix can penetrate inward, which causes the bond between the matrix and the fiber to get better. The interfacial shear stress between the matrix and the fiber increases. Coconut coir fiber has excellent compatibility with polyester resin; it can be seen from the results of the pull out test. The coir fibers soaked in lime water for 8 hours have a coco fiber tensile strength of 234.62 MPa and a shear stress value of 3.80 MPa and have a good bond between the fiber and resin, as shown in the microscope scan results. The immersion of the fibers in lime water indicates that the resin has entered the fiber or the fiber surface can be firmly attached to the matrix.

Keywords: coir fiber, limestone water, immersion, surface morphology, surface energy, tensile strength, interface shear strength

DAFTAR ISI

xiv

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
IDENTITAS TIM PENGUJI	iii
PERNYATAAN ORIGINALITAS DISERTASI	iv
SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI	v
RIWAYAT HIDUP PENULIS	vi
KATA PENGANTAR	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	viii
RINGKASAN	x
SUMMARY	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1. Review Penelitian Sebelumnya	6
2.2. Material Komposit	9
2.3. Serabut Alam	10
2.3.1. Selulosa	12
2.3.2. Lignin	14
2.3.3. Hemiselulosa	14
2.4. Delignifikasi	15

2.5.	Model Mikromekanika	18
2.6.	Kekuatan Tarik dan Regangan Serat Tunggal	19
2.7.	<i>Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy</i>	20
2.8.	Uji XRD (<i>X-Ray Diffractometri</i>)	21
2.9.	Sudut Kontak Wettability	21
2.10.	Uji <i>Pull-Out</i> Serat Tunggal	23
2.11.	<i>Unsaturated Polyester Yakalac</i>	24
3.12.	Batu Kapur	24
BAB III KERANGKA KONSEP		27
3.1.	Kerangka Konsep	26
3.2.	Hipotesis	28
3.3.	Diagram Alir penelitian	30
3.4.	Road Map Penelitian	31
BAB IV METODE PENELITIAN		32
4.1.	Metode Penelitian	31
4.2.	Bahan dan Alat	34
4.3.	Tempat Penelitian	37
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN		39
5.1.	Perlakuan Serat (variasi massa batu kapur)	39
5.2.	Perlakuan Serat (variasi lama perendaman)	41
5.3.	Pengujian Gangguan Selulosa, Lignin, Dan Hemiselulosa	42
5.4.	Pengamatan SEM permukaan serat	43
5.5.	Analisa XRD	45
5.6.	Analisa FTIR	48
5.7.	Wettability (Kebasahan Serat)	50
5.8.	Tegangan Geser (<i>Pull Out</i>)	55
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN		61
DAFTAR PUSTAKA		63
PUBLIKASI		67
LAMPIRAN		68

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1. Sifat-sifat fisik dan kimia beberapa serat alam	10
Tabel 2.2. Nilai energi permukaan cairan air didtilasi dan <i>ethylene glycol</i>	23
Tabel 4.1. Kode dan banyaknya batu kapur (%wt)	34
Tabel 4.2. Kode dan lama perendaman	35
Tabel 5.1. Variasi perentase Prosentase Batu Kapur	40
Tabel 5.2. Hasil pengujian kandungan kimia serat	42
Tabel 5.3. Persentase kristalinitas setiap serat	47
Tabel 5.4. Nilai sudut kontak dan energi permukaan	52



DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1.	Struktur sel serat alam	11
Gambar 2.2.	Gambar skematik struktur biomassa lignoselulosa	12
Gambar 2.3.	Struktur kimia selulosa	13
Gambar 2.4.	Kumpulan rantai selulosa dalam mikrofibril yang membentuk dinding sel tanaman	13
Gambar 2.5.	Struktur kimia lignin	14
Gambar 2.6.	Struktur kimia hemiselulosa	15
Gambar 2.7	(a). Skema selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin, (b). Proses delignifikasi serat alam	16
Gambar 2.8.	(a) Pohon Kelapa (b) Sabut kelapa	17
Gambar 2.9.	Model pendekatan mikromekanika dan makromekanika	18
Gambar 2.10.	Daerah <i>interface</i> dan <i>interphase</i> antara serat dan matriks	19
Gambar 2.11.	Ilustrasi spesimen serat tunggal yang dikenai beban tarik	19
Gambar 2.12.	Specimen uji serat tunggal	20
Gambar 2.13.	Pola difraksi XRD	21
Gambar 2.14.	Ilustrasi sudut kontak	22
Gambar 2.15.	Mekanisme uji pull-out	23
Gambar 3.1.	Kerangka Konsep	29
Gambar 3.2.	Diagram Ali penelitian	30
Gambar 4.1	(a). Sabut Kelapa (b). Serat sabut kelapa	35
Gambar 4.2.	Batur kapur	35
Gambar 4.3	Mikropipet	36
Gambar 5.1.	(a). Serat sabut kelapa yang sudah diberishkan, (b). Serat sabut kelapa siap untuk direndam, (c). Serat sabut kelapa yang sudag direndam dalam air batu kapur	39
Gambar 5.2.	Spesimen uji serat tunggal	40
Gambar 5.3.	Grafik hasil pengujian serat tunggal	40
Gambar 5.4.	Hasil pengujian kekuatan tarik serat tunggal variasi lama	

Perendaman	41
Gambar 5.5. Menunjukkan UT, (a) permukaan sabut kelapa melintang,	
(b) SEM dari heterogenitas penampang sabut kelapa	43
Gambar 5.6. Menunjukkan T4H, (a) permukaan sabut kelapa melintang,	
(b) SEM dari heterogenitas penampang sabut kelapa	43
Gambar 5.7. Menunjukkan T8H, (a) permukaan sabut kelapa melintang,	
(b) SEM dari heterogenitas penampang sabut kelapa	43
Gambar 5.8. Menunjukkan T20H, (a) permukaan sabut kelapa melintang,	
(b) SEM dari heterogenitas penampang sabut kelapa	44
Gambar 5.9. Profil difraksi sinar-X untuk serat tanpa perlakuan dan perlakuan perendaman air kapur	45
Gambar 5.10. Profil difraksi sinar-X untuk serat tanpa perlakuan	46
Gambar 5.11. Profil difraksi sinar-X untuk serat 4 jam perlakuan	46
Gambar 5.12. Profil difraksi sinar-X untuk serat 8 jam perlakuan	47
Gambar 5.13. Profil difraksi sinar-X untuk serat 20 jam perlakuan	47
Gambar 5.14. Hasil uji FTIR serat	49
Gambar 5.15. Sudut kontak pada serat tanpa perlakuan	50
Gambar 5.16. Sudut kontak pada serat perlakuan T4H	50
Gambar 5.17. Sudut kontak pada serat perlakuan T8H	51
Gambar 5.18. Sudut kontak pada serat perlakuan T12H	51
Gambar 5.19. Sudut kontak pada serat perlakuan T16H	51
Gambar 5.20. Sudut kontak pada serat perlakuan T20H	52
Gambar 5.21. Menunjukkan UT, (a) permukaan sabut kelapa,	
(b) SEM dari heterogenitas penampang sabut kelapa	53
Gambar 5.22. Menunjukkan T4H, (a) permukaan sabut kelapa,	
(b) SEM dari heterogenitas penampang sabut kelapa	53
Gambar 5.23. Menunjukkan T8H, (a) permukaan sabut kelapa,	
(b) SEM dari heterogenitas penampang sabut kelapa	54
Gambar 5.24. Menunjukkan T12H, (a) permukaan sabut kelapa,	
(b) SEM dari heterogenitas penampang sabut kelapa	54
Gambar 5.25. Menunjukkan T16H, (a) permukaan sabut kelapa,	

(b) SEM dari heterogenitas penampang sabut kelapa	54
Gambar 5.26 Menunjukkan T20H, (a) permukaan sabut kelapa,	
(b) SEM dari heterogenitas penampang sabut kelapa	55
Gambar 5.27 Sampel pengujian <i>pull-out</i>	56
Gambar 5.28 Hubungan antara lama perendaman dan tegangan geser	56
Gambar 5.29 SEM serabut sabut kelapa terlepas dari matriks UT,	
(a) permukaan matriks lubang lepas serabut kelapa,	
(b) permukaan penampang heterogenitas matriks	57
Gambar 5.30 SEM serabut sabut kelapa terlepas dari matriks T4H,	
(a) permukaan matriks lubang lepas serabut kelapa,	
(b) permukaan penampang heterogenitas matriks	57
Gambar 5.31 SEM serabut sabut kelapa terlepas dari matriks T8H,	
(a) permukaan matriks lubang lepas serabut kelapa,	
(b) permukaan penampang heterogenitas matriks	57
Gambar 5.32 SEM serabut sabut kelapa terlepas dari matriks T12H,	
(a) permukaan matriks lubang lepas serabut kelapa,	
(b) permukaan penampang heterogenitas matriks	58
Gambar 5.33 SEM serabut sabut kelapa terlepas dari matriks T16H,	
(a) permukaan matriks lubang lepas serabut kelapa,	
(b) permukaan penampang heterogenitas matriks	58
Gambar 5.34 SEM serabut sabut kelapa terlepas dari matriks T4H,	
(a) permukaan matriks lubang lepas serabut kelapa,	
(b) permukaan penampang heterogenitas matriks	58
Gambar 5.35 Permukaan serat sabut kelapa tanpa perlakuan	59
Gambar 5.35 Permukaan serat sabut kelapa, lama perendaman 8 jam	60

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1	Artikel <i>The Effect of Immersion Time of Coconut Fiber in Limestone Water on Tensile Strength and Surface Morphology</i>	69
Lampiran 2	Artikel : <i>Effect of coconut fiber treatment with limestone water media on the fiber surface, wettability, and interface shear strength</i>	78
Lampiran 3	Artikel <i>Effect of limestone mass concentration on tensile strength and surface morphology of coconut fiber</i>	91
Lampiran 4	Hasil pengujian kandungan serabut kelapa.....	99
Lampiran 5	Hasil pengujian kandungan air batu kapur.....	100
Lampiran 6	Hasil pengujian kekuatan tarik variasi prosentase berat.....	101
Lampiran 7	Hasil Pengujian kekuatan tarik variasi lama perendaman.....	102
Lampiran 8	Hasil pengujian XRD (<i>X-Ray Diffractometri</i>).....	103
Lampiran 9	Hasil pengujian <i>Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy</i>	119
Lampiran 10	Hasil pengujian <i>wettability</i>	125
Lampiran 11	Hasil Pengujian IFFS.....	127

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan penggunaan material dan teknologi dalam bidang teknologi material serta berkembangnya dampak lingkungan hidup menjadikan terobosan baru dalam menghadirkan material yang mempunyai kualitas lebih baik dan bersifat ramah lingkungan. Hal tersebut, dapat menimbulkan masalah baru bahwa perkembangan teknologi ternyata menyebabkan munculnya masalah baru, misalnya masalah lingkungan yang dapat mengganggu kehidupan manusia itu sendiri. Salah satu masalah lingkungan adalah rusaknya lingkungan akibat penggunaan material yang sulit untuk dapat digunakan lagi. Dalam hal ini pemakaian material alternatif sebagai pengganti material ramah lingkungan sangat diperlukan.

Dalam dunia industri banyak menggunakan material komposit sebagai salah satu pendukung, dimana material komposit tersebut banyak menggunakan material sintetis sebagai penguatnya. Proses pembuatan bahan sintetis tersebut mengakibatkan pencemaran lingkungan, maka perlu diusahakan penggantian bahan yang ramah lingkungan. Usaha untuk mengurangi penggunaan material sintetis (material penguat komposit) yang merupakan salah satu pendukung tercemarnya lingkungan maka perlu dilakukan kajian-kajian untuk mendapatkan pengganti material sintetis.

Serabut alam dapat digunakan sebagai pengganti serabut sintetis. Serabut alam mempunyai beberapa kelebihan diantaranya jumlahnya yang sangat melimpah. Disamping mempunyai kelebihan, serabut alam juga mempunyai beberapa kekurangan diantaranya: kualitas serabut yang tidak seragam, daya serap air yang tinggi, dan sulit berikatan dengan matriks.

Komposit berbasis serabut alam dapat digunakan lagi dan dapat digunakan kembali walaupun sifat-sifatnya tidak sebaik dengan sebelumnya (Onuaguluchi and Bantia 2016). Penggunaan serabut alam sesuai dengan program pemerintah yaitu menciptakan lingkungan yang berbasis “go green”. Penggunaan bahan material komposit pada saat sekarang ini mengalami peningkatan seiring dengan kemajuan teknologi.

Kemajuan teknologi dibidang industri otomotif sangat banyak membutuhkan material komposit sebagai komponen pendukungnya dengan menjaga sifat mekaniknya tetap terjaga.

Sebagai upaya untuk mendapatkan sifat material komposit berpenguat serabut alam perlu dilakukan perlakuan khusus untuk mendapatkan sifat serabut yang kuat juga mampu berinteraksi dengan matriks. Perlakuan serabut alam dapat memperbaiki permukaan serabut alam untuk menghasilkan sifat mekanik dan daya rekat yang baik, mengingat serabut alam berbasis selulosa mempunyai sifat *hydrophilic* yang bertentangan dengan matriks polimer yang bersifat *hydrophobic* (Wielage et al. 1999).

Di Indonesia, pohon kelapa merupakan komoditas utama hasil perkebunan. Beberapa serabut alam yang saat ini dikembangkan adalah serabut kelapa yang digunakan sebagai *filler* material komposit (Suyanto 2016). Serabut kelapa didapatkan dari kulit buah kelapa yang dipisahkan dari dagingnya. Keberadaan serabut kelapa jumlahnya sangat berlimpah dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Indonesia merupakan negara yang memiliki luas areal kelapa terluas di dunia yaitu mencapai 4 juta ha 31,2% dari semua luas perkebunan kelapa di dunia (Ponorogo 2017). Komposisi bagian dari buah kelapa terdiri dari 35% kulit kelapa, 12% tempurung, 28% daging buah, dan 25% air (Bhatia dan Smith, 2008).

Perlakuan kimia terhadap serabut dapat menyebabkan degradasi yang dapat menyebabkan kerusakan permukaan serabut sehingga menurunkan sifat mekanis serabut tersebut, sehingga perlu adanya perlakuan yang dapat membersihkan serabut tetapi tidak merusak serabut tersebut (Madhu et al. 2019). Perlakuan terhadap serabut diharapkan mampu mengurangi sifat *hydrophilic* serabut sehingga kemampuan berinteraksi dengan matriks polimer bisa maksimal.

Karakteristik serabut alam sangat dipengaruhi oleh pengolahan dan perlakuan serabut. Beberapa perlakuan yang telah dilakukan antara lain: perlakuan kimia dan perlakuan alami dengan bahan alam. Beberapa perlakuan kimia diantaranya dengan perlakuan alkali. Perlakuan kimia dan perlakuan dengan bahan alam mempunyai unsur kesamaan yaitu keduanya mempunyai kandungan alkali. Perlakuan alami serabut dengan bahan alam misalnya dengan perendaman serabut dengan air laut (Owens and Wendt 1969). Perlakuan perendaman bambu menggunakan air sungai dan air laut,

hasilnya menunjukkan bahwa perlakuan perendaman di dalam air sungai dan di dalam air laut menurunkan tingkat serangan jamur pada tulangan bambu, dimana tulangan bambu dengan perlakuan tanpa perendaman “banyak ditumbuhi jamur”, sedangkan tulangan bambu yang direndam di dalam air laut dan direndam di dalam air sungai “cukup ditumbuhi jamur” (Pojoh 2017).

Beberapa perlakuan alami lainnya yaitu perlakuan serabut yang direndam didalam air batu kapur. Bambu sebelum digunakan untuk pembuatan rumah direndam dalam larutan air kapur terlebih dahulu dengan tujuan bambu akan menjadi lebih awet.

Pengawetan tersebut sudah sering dilakukan masyarakat pedesaan khususnya di wilayah Jawa sebagai salah satu budaya kearifan lokal dalam usaha pengawetan bambu (Suriani 2018). Perlakuan serabut salak dengan perendaman air batu kapur dapat meningkatkan kekuatan tarik kira-kira dua kali lipat dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Peningkatan kekuatan tarik disebabkan CaO mengikat serabut-serabut elementer, *meso fibril*, dan *micro fibrils* menjadi satu *technical fibers* sehingga serabut salak menjadi lebih kuat (Raharjo 2017)

Batu kapur (CaCO_3) adalah sebuah batuan sedimen yang terdiri dari kalsium karbonat. Salah satu penggunaan kapur adalah sebagai bahan pengawet, diantaranya digunakan pengawetan bambu yang dilakukan secara tradisional. Pengawetan tersebut dilakukan dengan maksud dan tujuan untuk mengurangi serangan jamur dan serangga (bubuk, rayap kayu, dan rayap tanah). Bahan pengawet yang digunakan diambil dari serbuk kapur yang digunakan sebagai bahan pengawet. Serbuk kapur dilarutkan dalam air sampai terjadi larutan jenuh Ca(OH)_2 , larutan air batu kapur digunakan untuk merendam bambu dalam waktu ± 1 (satu) bulan (Pojoh 2017). Air batu kapur Ca(OH)_2 juga dapat digunakan sebagai penguat jaringan irisan buah, larutan air batu kapur mengandung ion Ca^+ yang didapatkan dengan melarutkan CaCO_3 . Larutan kapur (Ca(OH)_2) dapat bereaksi bersama zat pektin sehingga terjadi kalsium pektat. Kandungan zat pektin yang berada dalam buah dapat mempengaruhi kekerasan buah (Yunus, Syam, and Jamaluddin P 2018). Keberadaan batu kapur yang terdapat Indonesia sangat banyak dan tersebar hampir merata terdapat di seluruh wilayah kepulauan Indonesia. Sebagian besar cadangan batu kapur di Indonesia terdapat di Jawa Timur (Puslitbang material, 2005).

Dari uraian tersebut terlihat bahwa air batu kapur Ca(OH)_2 mempunyai kandungan yang dapat membuat serabut alam menjadi lebih kuat, awet, daya rekat yang lebih baik antara serabut dan matriks.

1.2. Rumusan Masalah

Penggunaan serabut kelapa diharapkan mampu mendapatkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik yang baik. Serabut kelapa yang digunakan sebagai penguat pada material komposit diperlukan sifat mekanik (kuat tarik dan kuat geser) yang baik, maka perlu dilakukan perlakuan. Perlakuan serabut kelapa yang dilakukan yaitu perendaman dengan air batu kapur dengan harapan kuat tarik dan kuat geser (ikatan antara permukaan serabut dengan matriks) bisa terjadi dengan baik. Larutan Ca(OH)_2 atau air batu kapur merupakan larutan jenis basa dengan kekuatan sedang, sehingga permukaan serabut yang direndam dapat bersih tanpa merusak bagian utama serabut. Selain hal tersebut, ketersediaan batu kapur cukup melimpah.

Dari latar belakang permasalahan yang telah dikemukakan maka perlu dilakukan penelitian dengan rumusan masalah sebagai berikut:

- Bagaimana pengaruh perendaman serabut kelapa pada air batu kapur terhadap permukaan serabut ?
- Bagaimana pengaruh perendaman serabut kelapa pada air batu kapur terhadap sifat kuat tarik, kebasahan, dan kuat geser ?

1.3. Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

- Sifat mekanik serabut yang diamati pada penelitian ini meliputi kekuatan tarik, kebasahan serabut, dan kuat geser yang didapatkan dari hasil pengujian tarik serabut tunggal, *wettability*, dan pengujian geser/*interfacial shear strength*.
- Sifat fisik serabut yang diamati meliputi morfologi permukaan dan kristalinitas serabut yang didapatkan dari hasil pengujian SEM dan XRD.
- Sifat kimia serabut yang diamati dengan pengujian FTIR.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam proses penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui bagaimana pengaruh perendaman air batu kapur terhadap permukaan serabut.
- b. Mengetahui bagaimana pengaruh perendaman air batu kapur terhadap sifat kebasahan serabut, kuat tarik, dan kuat geser.

1.5. Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan menghasilkan produk yaitu serabut kelapa yang baik sebagai material komposit yang layak digunakan untuk panel khususnya dibidang otomotif. Selain itu penelitian ini diharapkan :

- a. Sebagai bahan rekayasa yang berasal dari alam untuk dijadikan penguat pada biokomposit untuk aplikasi teknik serta pemilihan bahan dan teknik khususnya kelompok serabut selulosa
- b. Mendorong pemanfaatan sumber alam tanaman tropis yang terbarukan untuk menunjang kebutuhan dan perkembangan ilmu teknologi material sebagai aplikasi teknik selain material logam.
- c. Bagi peneliti dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan biokomposit yang menggunakan serabut alam terutama serabut kelapa.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1. Review Penelitian Sebelumnya

Serabut alam berasal dari tumbuhan-tumbuhan memiliki komposisi kimia. Komposisi kimia serabut alam antara lain : lignin, selulosa, dan himiselulosa (Madhu et al. 2019). Kandungan molekul selulosa merupakan senyawa utama penyusun serabut alam. Kandungan selulosa yang tersusun dari ikatan molekul *anhydro-d-glukose* atau $(C_6H_{10}O_5)_n$. Kandungan selulosa pada serabut alam berfungsi sebagai penguat dan penguat batang dengan tingkat kristalisasi yang tinggi yang dapat ditunjukkan dengan angka derajat polimerisasi antara 10.000 – 15.000 makromolekul (Schulz-Ekloff et al. 2002).

Derajat polimerisasi selulosa sangat erat hubungannya dengan sifat mekanis yaitu densitas atau berat jenis. Berat jenis selulosa bertambah dengan semakin tinggi angka derajat polimerisasi. Serabut kelapa mempunyai kandungan selulosa $\pm 43\%$, yang selebihnya adalah lignin dan hemiselulosa. Perlakuan serabut alam perlu diupayakan untuk meningkatkan kandungan selulosa pada serabut.

Beberapa perlakuan serabut alam diantaranya, serabut sawit direndam dalam air laut selama satu, dua, tiga, dan empat minggu sebelum di aplikasikan untuk penguat biokomposit. Selain matriks resin, pati sagu alami diaplikasikan sebagai bahan matriks. Perlakuan perendaman secara signifikan mempengaruhi morfologi permukaan serabut dan ikatan antar muka serabut dan matriks seperti yang dapat diamati melalui *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Kualitas ikatan antarmuka menjadi lebih baik dengan durasi tambahan perendaman air laut. Permukaan serabut dan matriks yang saling berhubungan terbaik muncul dalam komposit dengan serabut terendam 4 minggu, yang ditunjukkan oleh meningkatnya kekuatan antara serabut dan matriks. Morfologi proses *interlocking* permukaan serabut jelas terlihat selama durasi pencelupan (Mardin et al. 2016).

Penelitian tentang perlakuan serabut kulit jagung dengan NaOH. Kulit jagung direndam dengan NaOH yang berbeda (0,5%, 1%, 2%, 5%, dan 8%) selama 2 hari. Hasil perlakuan menunjukkan bahwa kandungan hemiselulosa dan lignin menurun, permukaan serabut menjadi lebih kasar dan sifat kuat tarik serabut menjadi lebih (Sari et al. 2017).

Penelitian tentang perlakuan serabut salak, serabut diperlakukan dengan NaHCO_3 10% selama 24, 120, dan 240 jam. Hasil menunjukkan bahwa kadar selulosa serabut mengalami peningkatan sedangkan kadar hemiselulosa dan lignin mengalami penurunan. Selain hal tersebut serabut salak mengalami peningkatan kekuatan tarik (sifat mekanik) dan modulus elastisitasnya juga meningkat (Raharjo et al. 2018).

Penelitian tentang perlakuan serabut kelapa dengan larutan NaOH (5, 10, 15, dan 20%) dengan lama perendaman 3 jam, setelah itu serabut diperlakukan lagi dengan larutan KMnO_4 : 5, 10, 15, dan 20% dengan lama perendaman 3 jam juga, setelah itu juga dengan perlakuan N_4 . Penelitian tersebut menunjukkan bahwa perlakuan dengan perlakuan NaOH , kekuatan tarik serabut meningkat, morfologi permukaan menjadi kasar sehingga ikatan antara matriks dan serabut menjadi lebih baik (Arsyad and Wardana 2015). Penelitian tentang pengaruh perlakuan alkali pada serabut mendong, bahwa serabut yang direndam pada NaOH dengan konsentarsi 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% selama 2 jam menunjukkan bahwa tingkat kristalinitas dan indeks kristal serabut mending meningkat (Suryanto et al. 2014).

Serabut cantala dengan perlakuan alkali, silana dan kombinasi keduanya, menunjukkan bahwa hemiselulosa dan lignin mengalami penurunan, meningkatkan stabilitas termal, energi permukaan. Energi permukaan pada $45,37 \text{ mN/m}^2$ diperoleh selama perlakuan alkali 0,75%. Penelitian tentang perlakuan serabut daun nenas dengan model pengasapan (pembakaran asap batok kelapa). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin masing-masing 55,8%, 21,27%, dan 7,66%. Permukaan serabut menjadi lebih kasar dan beralur, kepadatan serabut meningkat serta kekuatan tarik juga meningkat (Palungan et al. 2017).

Serabut rami diperlakukan dengan natrium hidroksida, anhidrida asetat, anhidrida maleat, dan silan untuk menyelidiki pengaruh perlakuan pada struktur serabut dan sifat tarik. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik rata-rata serabut yang diberi perlakuan natrium hidroksida sedikit meningkat dibandingkan dengan serabut yang tidak diberi perlakuan. Hal tersebut diyakini sebagai hasil dari peningkatan kristalinitas selulosa. Kekuatan tarik rata-rata serabut dengan perlakuan anhidrida asetat, anhidrida maleat, silan dan kombinasi natrium hidroksida dan serabut yang diberi silan sedikit menurun dibandingkan dengan serabut yang tidak diberi perlakuan, yang diyakini sebagai

akibat dari penurunan kristalinitas selulosa. Namun, *modulus young* rata-rata dari semua serabut yang diberi perlakuan meningkat dibandingkan dengan serabut yang tidak diberi perlakuan. Hal ini dianggap sebagai akibat dari densifikasi dinding sel serabut akibat penghilangan komponen non-selulosa selama perlakuan (Sawpan, Pickering, and Fernyhough 2011).

Permukaan serabut rami yang diperlakukan plasma oksigen menggunakan frekuensi rendah (LF) dan frekuensi radio (RF) sistem plasma pada kekuatan plasma yang berbeda (30, 60, dan 90 W) selama 15 menit, dapat meningkatkan sifat mekanik serabut rami / HDPE (*high density polyethylene*) komposit (Sever et al. 2011). Pengaruh perlakuan plasma oksigen pada kelompok fungsional serabut rami diperiksa dengan X-ray *photoelectron spectroscopy* (XPS) analisis. Pengaruh perlakuan plasma oksigen pada sifat mekanik serabut rami / komposit HDPE diselidiki dengan menggunakan uji geser tarik, lentur, dan pendek-balok. Morfologi permukaan permukaan retak komposit diamati dengan menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM). Nilai kekuatan geser *interfacial shear strength* (IFSS) komposit meningkat dengan meningkatnya daya plasma. Demikian pula, dalam sistem plasma LF, nilai ILSS menunjukkan kecenderungan untuk meningkat pada kekuatan plasma 30 dan 60 W. Peningkatan daya plasma hingga 90 watt menurunkan nilai IFSS dari komposit jute / HDPE. Kekuatan tarik dan lentur dari komposit menunjukkan kecenderungan yang sama.

Penelitian tentang material komposit dengan penguat serabut alami (serabut pisang) dengan perlakuan alkalin. Serabut pisang diperoleh dari lahan pertanian setelah buah pisang matang. Serabut pisang menjalani perawatan alkalin menggunakan 5-20 wt% natrium hidroksida. Efek Perlakuan alkalin pada sifat mekanik, morfologi, dan spektral diselidiki dan dievaluasi menggunakan, mesin uji universal, cahaya / mikroskop optik, pemindaian mikroskop elektron, dan *fourier transform infrared spectroscopy*. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan banyak faktor yang terlibat dalam mempengaruhi karakteristik komposit alami, seperti kepadatan, jumlah serabut, struktur aglomerasi dan lain-lain. Beberapa hasil penelitian menunjukkan komposit serabut yang diolah memiliki sifat unggul dibandingkan dengan serabut komposit yang tidak diperlakukan (Khusairy et al. 2017).

Efek perendaman serabut kelapa sawit dalam air laut untuk mendapatkan morfologi permukaan yang baik, kasar, dan ikatan antara serabut dan matriks sagu diamati. Durasi perendaman bervariasi dalam 1, 2, 3, dan 4 minggu. Serabut dikeringkan pada suhu kamar selama 3 jam, dilanjutkan dengan oven pada 80 °C selama 6 jam. SEM dan uji kekasaran dilakukan untuk melihat morfologi permukaan, kekasaran, dan ikatan antara serabut dan matriks. Hasil menunjukkan morfologi dan kekasaran serabut bervariasi berdasarkan lamanya perendaman. Kekasaran permukaan meningkat seiring dengan lama perendaman dengan peningkatan ikatan serabut-matriks. Durasi maksimum perendaman serabut 4 minggu menghasilkan *interlocking* matriks dan serabut terbaik, karena celah di antara mereka menghilang (Owens and Wendt 1969).

Penelitian tentang pengaruh volume kalsium karbonat (CaCO_3) sebagai bahan pengisi pada kertas rokok terhadap daya sobek dan daya tahan tarik dilakukan dengan variasi volume CaCO_3 : 6 % yaitu 0; 1; 5; 10; 15 dan 20 ml. Alat yang digunakan adalah *fiber length index* (FLI). Dari hasil analisa yang dilakukan sebanyak 3 x perlakuan memperlihatkan bahwa kalsium karbonat (CaCO_3) 6% sebagai bahan pengisi kertas rokok mempunyai pengaruh terhadap sifat sifat mekanis kertas rokok. Di mana Jumlah volume kalsium karbonat (CaCO_3) 6% sebanyak 1 ml memberikan hasil optimum yaitu daya sobek dengan *range* sebesar 141- 144 CN dan daya tahandengan *range* sebesar 1,78-8,5 Kg (Fauzi 2017)

Perlakuan serabut salak dengan perendaman air batu kapur dapat meningkatkan kekuatan tarik kira-kira dua kali lipat dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Peningkatan kekuatan tarik disebabkan CaO mengikat serabut-serabut elementer, *meso fibril*, dan *micro fibrils* menjadi satu *technical fibers* sehingga serabut salak menjadi lebih kuat (Raharjo 2017).

2.2. Material Komposit

Material komposit merupakan gabungan antara dua material atau lebih yang menghasilkan material baru yang sifat kimia dan fisika yang terpisah atau tidak saling larut antara material penyusunnya. Tujuan pembuatan material komposit yaitu: meningkatkan kualitas material penyusun, memudahkan manufaktur, dan menjadikan material lebih ringan.

Material komposit disusun oleh dua unsur utama yaitu matriks dan penguat. Matriks mempunyai komposisi lebih utama dibandingkan dengan penguat. Fungsi utama matriks yaitu : memindahkan beban ke penguat, melindungi serat dan memisahkan serat. Penguat berfungsi sebagai penopang beban utama pada material komposit. Dilihat secara struktur mikro komponen material komposit tidak mengalami perubahan dari material pembentuknya. Di lihat secara keseluruhan, komponen material komposit mengalami perubahan pada material pembentuknya yaitu terjadi suatu ikatan permukaan antara komponen matriks dan penguat.

Karakteristik material komposit ditentukan oleh beberapa hal antara lain : material penyusun, pemodelan penyusunan material penyusun, dan interaksi dari material penyusun. Interaksi ikatan antara penyusun yaitu matriks dan penguat dipetentukan oleh beberapa hal ; ukuran dari partikel penyusun, berat jenis material penyusun, perbandingan campuran material penyusun, komposisi dan bentuk dari material penyusun, kecepatan pada waktu proses pencampuran.

2.3. Serabut Alam

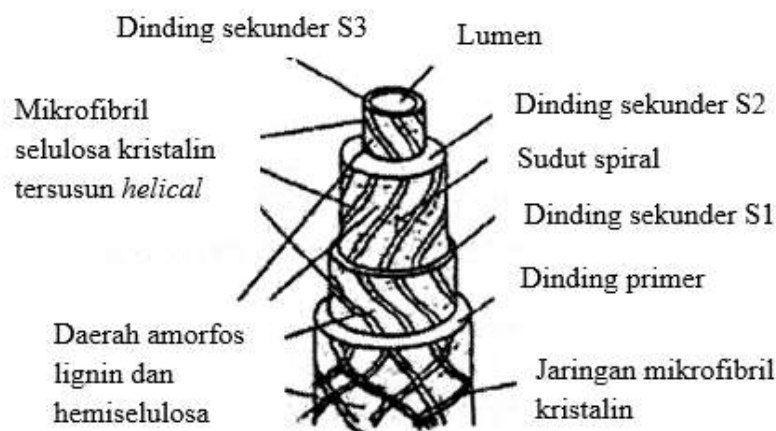
Serabut alam merupakan serabut yang banyak tumbuh di alam sekitar kita, ada yang didapatkan dari tumbuh-tumbuhan misalnya serabut nanas, rosella, dan bambu. Serabut alam sudah menjadi perhatian oleh para ahli di bidang material komposit. Serabut alam mempunyai kekuatan spesifik yang tinggi karena memiliki massa jenis yang rendah (Elhamdouni et al. 2015). Serabut alam mudah didapatkan dan termasuk sumber daya alam, dimana sumber daya alam tersebut yang dapat diperbarui kembali serta harganya relatif ekonomis.

Tabel 2.1. Sifat-sifat fisik dan kimia beberapa serabut alam, (Christiani, 2008)

Sifat-sifat	Kelapa	Nanas	Jute	Pisang
Lignin/Selulosa (%)	43/45	81/12	61/12	65/5
Massa jenis (gram/cm ³)	1,15	1,14	1,3	1,35
Modulus Elastisitas (GN/m ²)	4-6	34-82	-	8-20
Sudut Mikro-Fibrillar (°)	30-49	14-18	8,1	11
Kekenyalan (MN/M ²)	131-175	413-1627	440-533	529-754
Perpanjangan	15-40	0,8-1,6	1-1,2	1,0-3,5

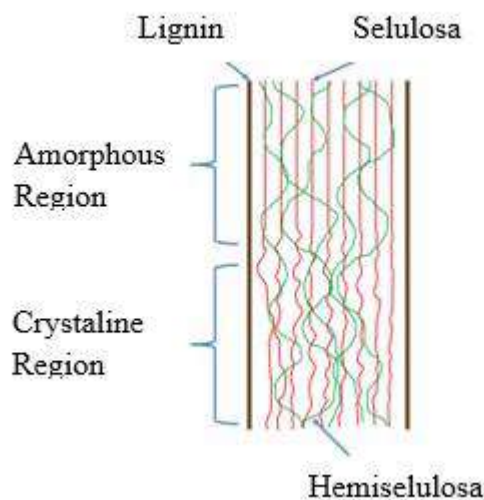
Sumber serabut alam dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu serabut alam dari tanaman primer dan serabut alam dari tanaman skunder. Tanaman primer ditanam dengan tujuan untuk diambil serabutnya saja sedangkan tanaman skunder serabut yang dihasilkan merupakan hasil samping atau bukan hasil utama (Rowell 2008). Tanaman primer misalnya jute, kenaf, sisal, hemp, dan flax sedang tanaman skunder misalnya kelapa, kurma, pisang, tebu, dan kelapa sawit (Barani, Haji, and Maleki 2018). Serabut alam banyak tumbuh di Indonesia dengan sifat fisik seperti tabel 2.1.

Serabut alam digunakan sebagai penguat komposit adalah sebagai berikut : konstituen serabut alam sangat tergantung pada variasi serabut dengan asal, umur, daerah tumbuh, umur dan kematangan. Bagian-bagian serabut alam dikelompokkan dalam beberapa bagian : dinding primer (S1), dinding sekunder (S2), dinding sekunder (S3). Kandungan utama dari dinding sel serabut alam adalah selulosa, lignin seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Struktur sel serabut alam (Kabir et al. 2013)

Serabut alam merupakan komposit yang terjadi secara alami, serabut alam terdiri dari serabut mikro (*micro fibril*) selulosa yang tersusun pada matriks, lignin, dan hemiselulosa. Serabut alam tersusun dari tiga (3) komponen utama yaitu selulosa, lignin, dan hemiselulosa (Kabir et al. 2013). Komponen selulosa membentuk sudut terhadap sumbu serabut alam (*micro fibril angle*) yang menjadikan serabut mempunyai sifat kuat, kaku, dan lentur.

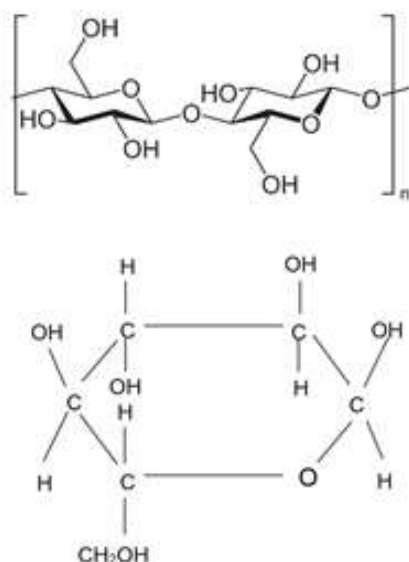


Gambar 2.2. Gambar skematik struktur biomassa lignoselulosa
(Supeni, Eris, and Cahyaningtyas 2018)

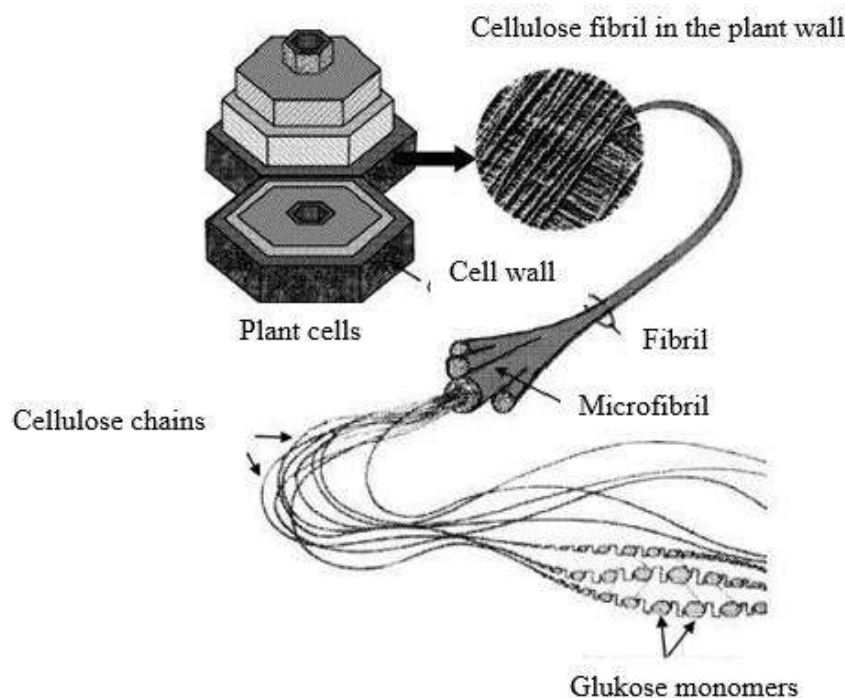
Hemiselulosa merupakan jenis polimer lurus, mempunyai rantai cabang sehingga bersifat nonkristal. Lignin mempunyai sifat amorf dan *hidrofobik* yang dapat larut dalam alkali dan asam asetat (Siad et al. 2015).

2.3.1. Selulosa

Komposisi kandungan selulosa berkisar antara 35-50% dari komposisi penyusun dinding sel tanaman (koolman, 2001). Selulosa yang persamaan $(C_6H_{10}O_5)_n$ merupakan polimer glukosa yang mempunyai bentuk rantai linier yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4 *glikosidik*. Struktur tersebut menjadikan selulosa mempunyai sifat kristalin serta tidak mudah larut. Selulosa sukar terlarut atau terdegradasi secara kimia dan mekanis. Selulosa disusun dari selobiosa yaitu keterulangan dalam senyawa molekul selulosa (dua unit gula, D-glukosa). Rantai selulosa tersusun dari satuan glukosa anhidrida yang saling berikatan antara atom karbon pertama dan atom karbon ke empat, ikatan yang terjadi pada rantai selulosa yaitu ikatan β -1,4 *glikosidik*. Beberapa molekul selulosa secara alamiah tersusun oleh fibril-fibril yang berupa molekul selulosa yang dikaitkan dengan ikatan *glikosidik*.



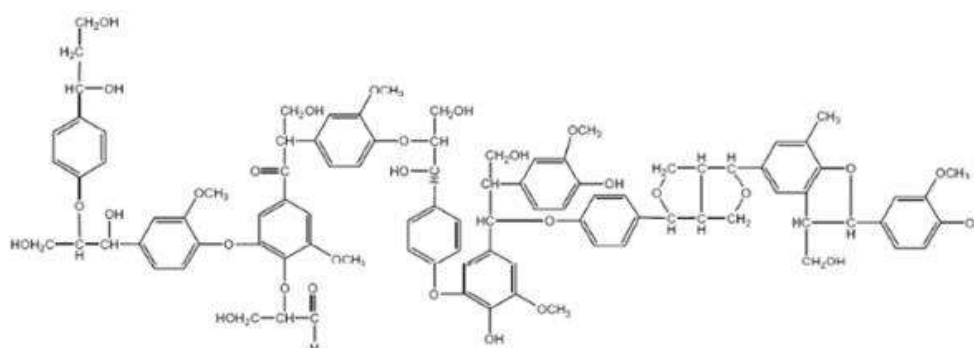
Gambar 2.3. Struktur kimia selulosa (Bessadok et al. 2009)



Gambar 2.4. Kumpulan rantai selulosa dalam *mikrofibril* yang menjadikan dinding sel tanaman (Djerbi et al., 2005).

2.3.2. Lignin

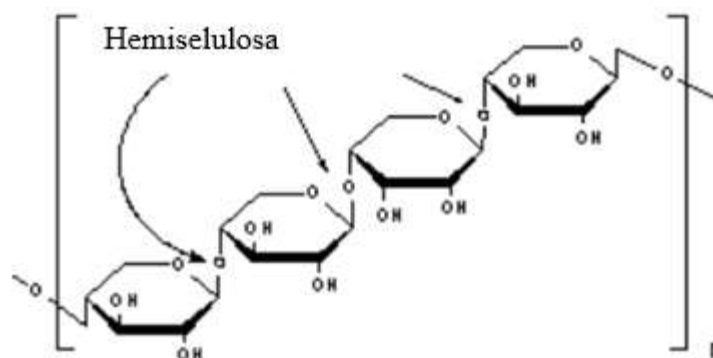
Lignin termasuk bagian dari serabut alam (zat organik) yang memiliki unsur polimer terbanyak jika dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa. Lignin merupakan polimer berkadar *aromatic-fenolik* yang tinggi, warnanya kecoklatan, dan lebih mudah teroksidasi bahan kimia. Lignin mempunyai peranan yang penting dalam jaringan serabut. Lignin dapat merekatkan selulosa dan hemiselulosa, sehingga serabut menjadi lebih kuat (Sun and Cheng 2002). Gugus aromatik yang terjadi pada lignin yaitu rantai alifatik dua sampai tiga karbon.



Gambar 2.5. Struktur kimia lignin (Bessadok et al. 2009)

2.3.3. Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan bagian serabut alam yang mempunyai berat molekul lebih kecil dibandingkan dengan selulosa. Kandungan hemiselulosa terdiri dari berbagai jenis gula. Kandungan gula tersebut antara lain : *glukosa*, *mannosa*, *galaktosa*, *xilosa*, dan *aeabinosa* (Fengel dan Wegener, 1995). Rangkaian utama selulosa terdiri dari satu jenis monomer (*homopolimer*) seperti xilan dan tersusun dari dua jenis atau lebih monomer (*heteropolimer*) seperti glukomannan.



Gambar 2.6. Struktur kimia hemiselulosa (Bessadok et al. 2009).

2.4. Delignifikasi

Proses perlakuan serabut untuk mengurangi lignin dengan bahan kimia. Lignin mengandung bagian yang beraneka ragam dan merupakan gabungan dari beberapa senyawa antara lain karbon, hidrogen, dan oksigen. Proses penghilangan unsur lignin dibedakan menjadi 3 yaitu:

- *Mechanical Pulping* (perlakuan secara mekanis)

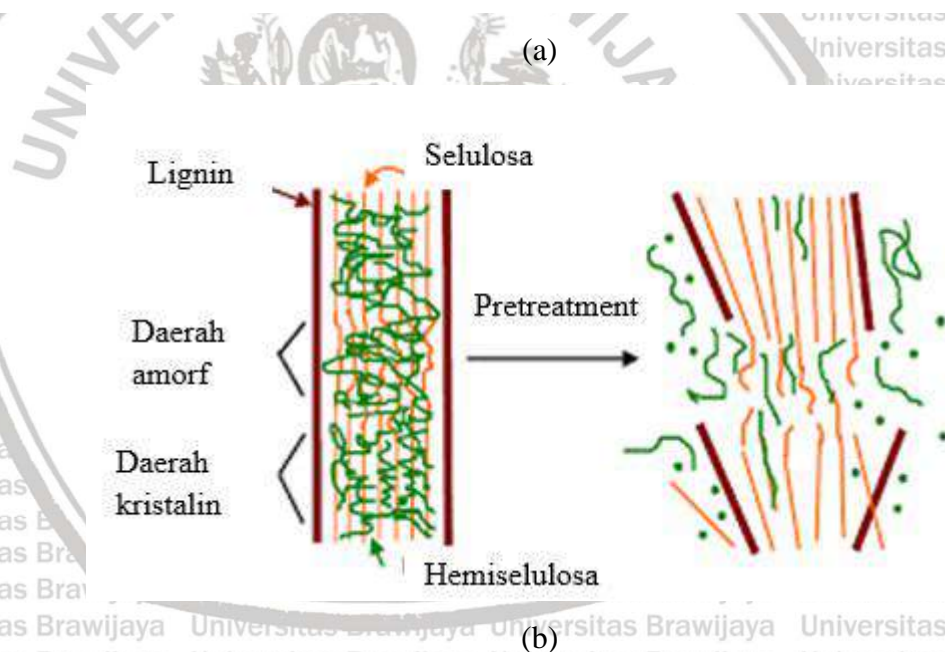
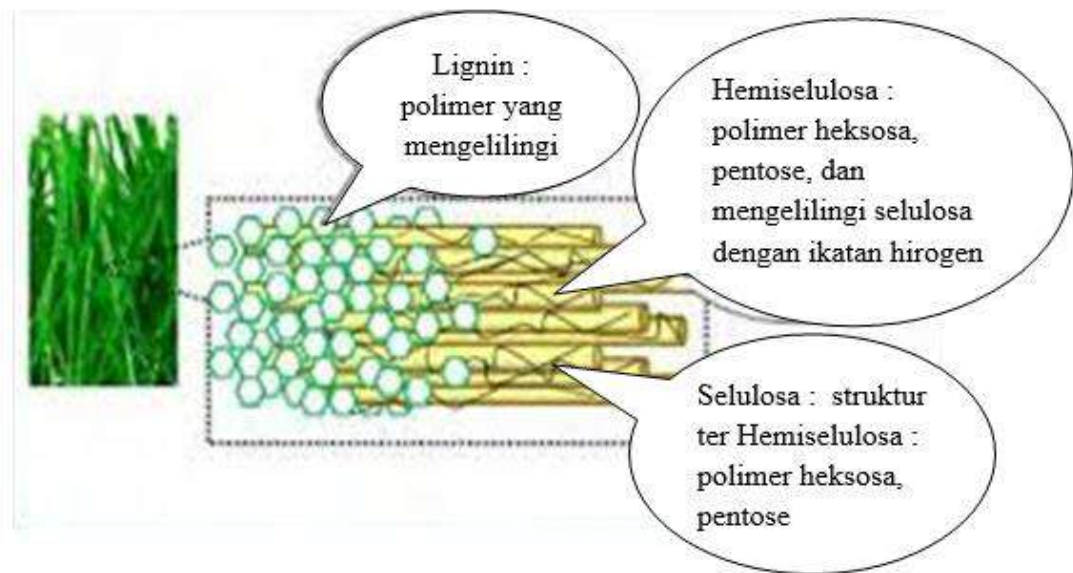
Pada proses ini tidak memakai bahan kimia. Kelemahan proses ini kandungan lignin masih tinggi.

- *Chemical Pulping* (perlakuan secara kimia)

Pada proses ini memakai bahan kimia sebagai bahan pelarut lignin. Proses ini dikerjakan pada suhu, tekanan, serta membutuhkan waktu tertentu. Dibandingkan dengan proses secara mekanis, proses ini lebih menghasilkan serabut dengan kadar selulosa yang lebih tinggi.

- *Semi kimia*

Proses semi kimia merupakan proses gabungan antara proses kimia dan mekanik.



Gambar 2.7. (a). Skema selulosa, Hemicelulosa, dan Lignin, (b). Proses *delignifikasi* serabut alam (Harimurti, 2010)

Serabut alam yang dihasilkan tanaman skunder yaitu serabut kelapa. Tanaman kelapa merupakan tanaman mempunyai nilai ekonomis tinggi. Semua bagian dari pohon kelapa dapat digunakan untuk keperluan manusia, sehingga pohon kelapa sering disebut sebagai pohon kehidupan, hal ini disebabkan hampir semua bagian pohon kelapa mulai

dari daun, pelepah, sampai pada batangnya dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari manusia. Buah kelapa terdiri dari kelapa, tempurung, daging buah, dan air kelapa.

Serabut kelapa dapat digunakan sebagai bahan tali, anyaman keset, sapu, dan jok pada kendaraan. Serabut kelapa berpotensi sebagai penguat pada material komposit.

Sebagai negara kepulauan dan keberadaannya di wilayah daerah tropis, sehingga Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa terbanyak di dunia. Pada tahun 2000, perkiraan luas areal tanaman pohon kelapa di Indonesia seluas 3,76 juta hektar, dengan total produksi kira-kira sebanyak 14 milyar butir, yang sebagian besar (95 persen) termasuk perkebunan rakyat. Pohon kelapa mempunyai nilai tambah dan peranan yang sangat penting baik dilihat dari aspek ekonomi dan sosial budaya.



(a)



(b)

Gambar 2.8. (a) Pohon Kelapa (b) kelapa
(<https://id.wikipedia.org/wiki/Kelapa>)

Serabut kelapa merupakan bagian dari buah kelapa, dan serabut kelapa merupakan bagian yang paling banyak dari buah kelapa, yaitu sebanyak 35% dari keseluruhan bobot buah kelapa. Dengan demikian, jika rata-rata hasil produksi buah kelapa setiap tahun sejumlah 5,6 juta ton, berarti ada sekitar 1.700.000 ton buah kelapa yang dihasilkan. Potensi produksi buah kelapa yang sedemikian besar sampai saat ini belum digunakan sepenuhnya untuk kegiatan yang produktif yang dapat menghasilkan nilai tambah.

Serabut kelapa bagi negara sekitar Indonesia sebagai penghasil buah kelapa sudah menjadikan komoditi ekspor yang menyediakan kebutuhan dunia berkisar 75.700.000 ton pada waktu tahun 1990. Indonesia merupakan negara penghasil buah kelapa terbesar di seluruh dunia, pangsa pasar serabut kelapa masih relatif sangat kecil.

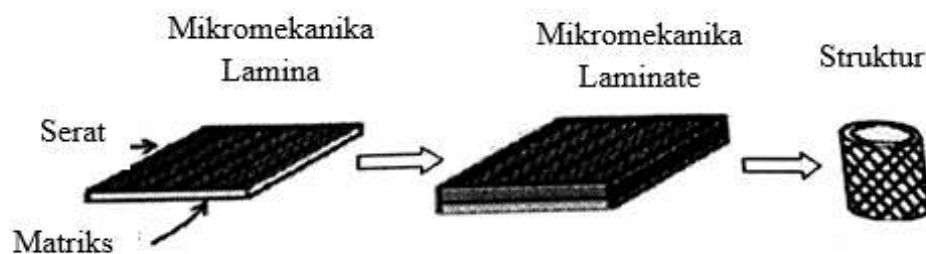
Kecenderungan kebutuhan dunia pada serabut kelapa yang semakin meningkat, perkembangan teknologi, serta jumlah industri dan keragaman industri di wilayah Indonesia yang berpotensi untuk menggunakan serabut kelapa sebagai bahan utama/ bahan pembantu, merupakan potensi yang baik bagi pengembangan dalam industri pengolahan serabut kelapa (Ponorogo 2017).

2.5. Model Mikromekanika

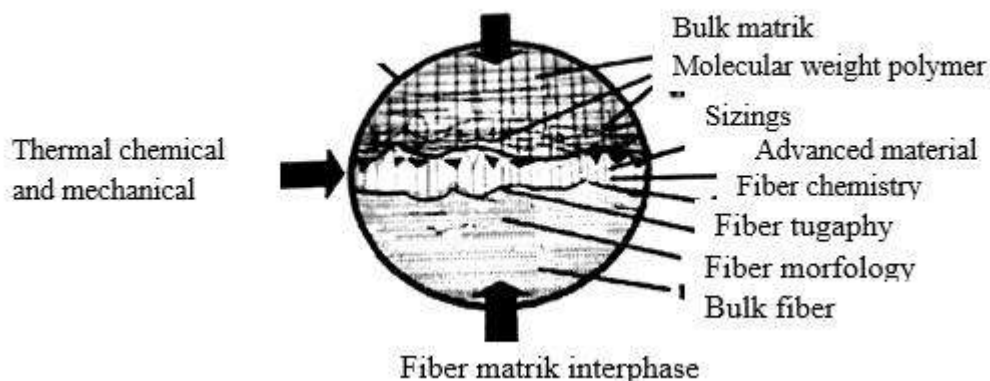
Model mikromekanika komposit seperti terlihat pada gambar 2.9 yang mendefinisikan suatu kajian perilaku bahan komposit. Material komposit tersebut mengalami interaksi dari bahan-bahan konstituen diteliti secara detail dan digunakan untuk memprediksi perilaku heterogenitas dari bahan komposit tersebut. Bahan konstituen merupakan bahan penyusun system komposit yang memiliki sifat kimia dan fisika yang berbeda yakni bahan serabut padat berfungsi sebagai penguat dan matriks sebagai pengikat serabut.

Tinjauan model mikromekanika menunjukkan daerah interface dan interfasa. Daerah *interface* merupakan daerah batas permukaan serabut dengan permukaan matriks dan tidak melibatkan antar fase. Daerah *interphase* merupakan daerah imajiner perbedaan antara sifat kimia dan mekanis yang melibatkan fase transisi antara matriks dan serabut pada materil komposit.

Konsep daerah *interface* dan *interphase* melibatkan banyak aspek antara lain : aspek kimia, aspek fisika, pengaruh termal. Daerah interface merupakan daerah interaksi antara permukaan serabut dan matriks. Sedangkan daerah interphase merupakan beda fase padat serabut dan fase cair matriks, ketika matriks tersebut melapisi serabut seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Model pendekatan *mikromekanika* dan *makromekanika* (Gibson, 1994)

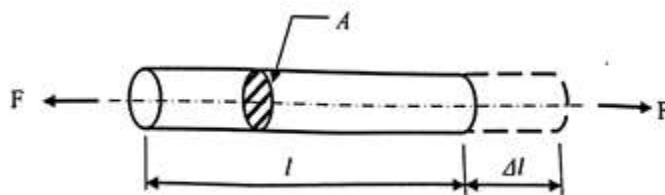


Gambar 2.10. Daerah *interface* dan *interphase* antara serabut dan matriks (Belgacem and Gandini 2005)

Interface komposit merupakan hubungan antara matriks polimer dengan penguat (serabut), dimana serabut berfungsi sebagai penguat atau mentransfer beban. Morfologi permukaan dan struktur permukaan serabut sangat berpengaruh terhadap interaksi serabut dan matriks (Hojjati and Muniandy 2014). Mikromekanika pemindahan beban dari serabut ke matriks sangat tergantung pada kemampuan interaksi permukaan serabut dengan matriks.

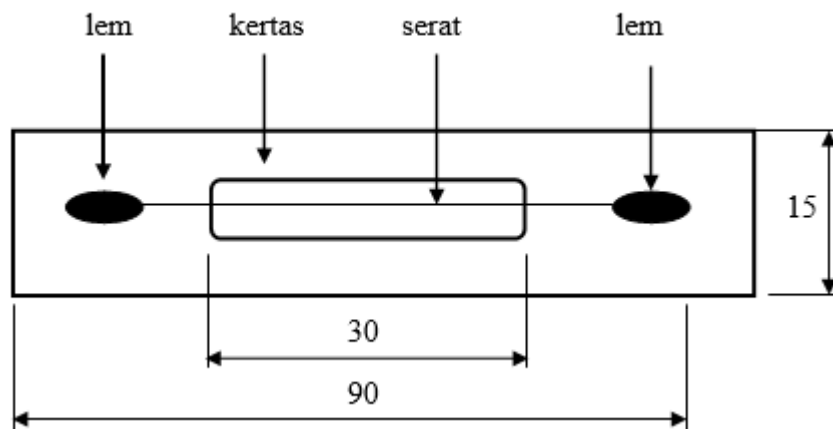
2.6. Kekuatan Tarik dan Regangan Serabut Tunggal

Teori kekuatan bahan yang digunakan untuk menjelaskan kekuatan dan kekakuan serabut secara sederhana ditunjukkan pada gambar 2.11. Gambar 2.11 menjelaskan sebuah specimen serabut tunggal berbentuk silinder dengan luas penampang melintang A dan dikenai beban tarik F .



Gambar 2.11. Ilustrasi specimen serabut tunggal yang dikenai beban tarik (Sumber: ASTM C 1557, 2003)

Untuk mengetahui kekuatan tarik serabut tunggal dilakukan melalui uji tarik serabut tunggal (*single microbond*). Bentuk specimen uji serabut tunggal seperti terlihat gambar 2.12 sesuai dengan ASTM ASTM C 1557, 2003.



Gambar 2.12. Specimen uji serabut tunggal (Sumber: ASTM C 1557, 2003)

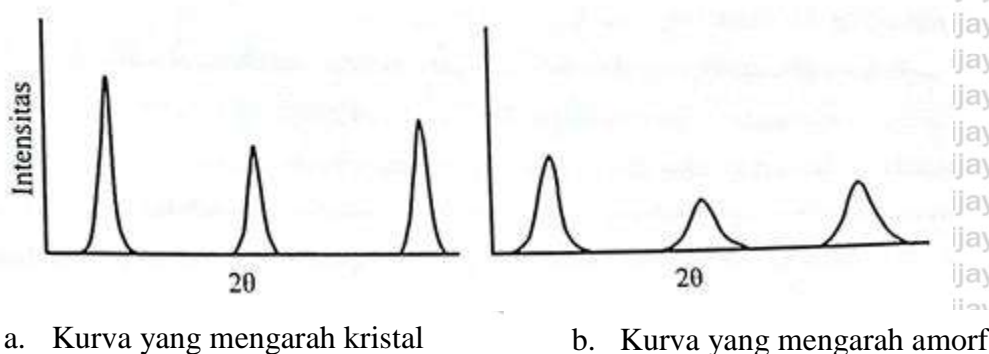
2.7. Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy

Pengaruh perlakuan kimia dengan perlakuan alkali pada permukaan serabut dapat diamati menggunakan *spektroskopi* FTIR. Perubahan gugus kimia yang terjadi pada serabut akibat perlakuan kimia dapat diketahui dengan *spektroskopi* FTIR. *Spektroskopi* FTIR dapat juga mengidentifikasi senyawa dan menganalisa campuran. Senyawa yang diradiasi memakai sinar infra merah, maka sebagian dari sinar infra merah akan diserap dan sebagian akan diteruskan. Serapan sinar ini terjadi karena molekul senyawa organik mempunyai ikatan yang dapat bergetar (Tserki et al. 2005).

Radiasi sinar infra merah dilewatkan terhadap sampel senyawa organik maka beberapa frekuensi radiasi akan diserap senyawa tersebut. Jumlah frekuensi yang melalui senyawa organik diukur sebagai transmisi. Jika semua frekuensi diteruskan senyawa organik tanpa diserap, hal ini menunjukkan prosentase transmisi bernilai 100. Energi getaran rentang dari molekul organik bersinergi dengan radiasi inframerah yaitu pada bilangan 1200 sampai 4000 cm^{-1} . Bagian *spectrum* inframerah digunakan untuk menduga gugus fungsi dalam bentuk senyawa organik. Daerah tersebut dianggap sebagai daerah gugus fungsi karena mempunyai serapan terbesar dan nisbi tetap diarea panjang gelombang 1200 sampai 4000⁻¹.

2.8. Uji XRD (X-Ray Diffractometri)

Uji sinar X atau *X-Ray Diffraction* (XRD) digunakan untuk menganalisis struktur kristal. Struktur kristal suatu material dipengaruhi oleh setiap unsur atau senyawa material tertentu. Pada difraktogram tampak kaitan antara sudut 2θ dengan intensitas cacah detektor yang telah ada dalam system XRD. Untuk ukuran nanometer pada suatu partikel biasanya mengandung suatu kristalinitas. Semakin kecil ukuran kristalinitas maka semakin lebar puncak dari difraksi yang diperoleh, seperti pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Pola difraksi XRD (Abdullah, 2009)

Difraksi sinar-X termasuk teknik yang digunakan mengidentifikasi adanya fasa kristalin yang terdapat pada material benda dan untuk menganalisis sifat-sifat struktur seperti ukuran butir material, komposisi material, cacat pada material. Metode ini menggunakan sinar-X, dimana sinar terdifraksi dan direfleksikan terhadap setiap bidang, berturut-turut akan dibentuk oleh susunan atom-atom kristal yang ada pada material tersebut. Dari berbagai bagian sudut timbul, maka pola difraksi yang terjadi menyatakan karakteristik sampel yang telah di uji.

2.9. Sudut Kontak *Wettability*

Sudut kontak menunjukkan hubungan model droplet dan sudut kontak permukaan serabut dan matriks yang menentukan kualitas *wettability* antara serabut dan matriks (Bracco and Holst 2013). Semakin kecil sudut kontak *wettability* semakin baik, sehingga matriks sebagai pengikat mampu melapisi luasan permukaan serabut secara maksimal. Menurut Dorn (1994) sudut kontak untuk menghasilkan kemampuan basah optimal adalah tidak boleh lebih dari 30° .



Gamabr 2.14. Ilustrasi sudut kontak
(Bracco and Holst 2013)

Hubungan permukaan dan polimer dijelaskan dengan persamaan young yang ditunjukkan pada persamaan (2.10) yang mempunyai pengaruh terhadap sudut kontak matriks dan energi permukaan serabut. Energi permukaan serabut (γ_s) terdiri dari dua komponen yaitu komponen polar (γ_s^p) dan komponen dispersive (γ_s^d) (Owens and Wendt 1969).

$$\gamma_s = \gamma_s^p + \gamma_s^d \dots\dots\dots (2-1)$$

Dengan

γ_s = Energi permukaan

γ_s^p = Energi permukaan *polar* (mJ/m²)

γ_s^d = Energi permukaan *dispersive* (mJ/m²).

Energi komponen polar terjadi karena interaksi *polar*, sedangkan energi permukaan *dispersive* terjadi karena adanya gaya *Van Der Waals* (French 2000). Hubungan antara sudut kontak (θ) dan energi permukaan cairan (γ_L), energi permukaan padatan (γ_s) dengan energi permukaan padat dan cairan (γ_{SL}).

$$\gamma_L = \gamma_{SL} + \gamma_L \cos \theta \dots\dots\dots (2-2)$$

Energi permukaan zat padat ditentukan melalui pengukuran sudut kontak cairan *polar* (air distilasi) dan nonpolar (*ethylene glycol*) (Owens and Wendt 1969).

$$\gamma_{SL} = \gamma_s + \gamma_L + 2 [(\gamma_L^p \cdot \gamma_s^d)^{1/2} + (\gamma_L^d \cdot \gamma_s^p)^{1/2}] \dots\dots\dots (2-3)$$

$$\frac{(1 + \cos \theta) \cdot \gamma_L}{2 \gamma_L^d} = \sqrt{\gamma_s^p \cdot \gamma_L^p} + \sqrt{\gamma_s^d \cdot \gamma_L^d} \dots\dots\dots (2-4)$$

$$X = \sqrt{\frac{\gamma_L^p}{\gamma_L^d}} \dots\dots\dots (2-5)$$

$$\gamma = - \frac{(1 + \cos\theta) \cdot \gamma_L}{2\sqrt{\gamma_L^d}}$$

Tabel 2.2. Nilai energi permukaan cairan air didtilasi dan *ethylene glycol* (Pietak et al. 2007).

Cairan	γ_L (mJ/m ²)	γ_L^d (mJ/m ²)	γ_L^p (mJ/m ²)
Air destilasi	72,8	21,8	51
<i>Ethylene glycol</i>	48	29	19

Dengan:

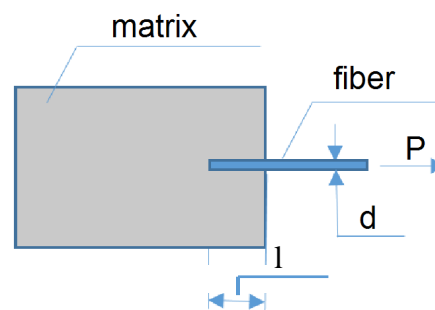
γ_L : Nilai energi permukaan air

γ_L^d : Nilai energi permukaan *dispersive*

γ_L^p : Nilai energi permukaan polar

2.10. Uji *Pull-Out* Serabut Tunggal

Serabut tunggal sebagai media penguat, menunjukkan bahwa hasil prediksi aspek rasio (I_c/D) dapat digunakan untuk memprediksi panjang kritis serabut setelah dikalikan dengan ukuran diameter serabut. Ukuran diameter serabut specimen uji *pull-out* dan dibandingkan dengan diameter ekuivalen serabut tunggal. Gambar 2.9. menunjukkan prosedur uji *pull-out* yakni serabut tunggal ditanam di dalam matriks secara sederhana.



Gambar 2.15. Mekanisme uji *pull-out* (Bordoloi et al. 2018)

Pull out fiber test merupakan pengujian untuk mengukur kekuatan ikatan antara serabut tunggal dan matriks. Ujung serabut tertanam pada matriks dengan kedalaman

tertentu, kemudian ditarik dengan arah yang berlawanan. Panjang serabut yang tertanam dalam matriks harus mempunyai ukuran tertentu yaitu panjang kritis serabut. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui panjang efektif dari serabut yang digunakan pada material komposit. Panjang kritis bisa juga dikatakan panjang terendah dari serabut yang bisa lepas dari ikatan matriks.

2.11. *Unsaturated Polyester Yakalac*

Resin *Unsaturated Polyester Yakalac* adalah resin cair dengan nilai viskositas rendah, mengeras pada suhu kamar dengan campuran katalis kira-kira 1%. Salah satu bagian resin *Unsaturated Polyester Yakalac* adalah resin polyester 157 BQTN-EX. Resin tersebut mempunyai karakteristik : dapat dijadikan kaku dan fleksibel, transparan, tahan air, tahan terhadap bahan kimia dan cuaca, dan dapat diberi warna sesuai selera. Resin polyester 157 BQTN-EX dapat dipergunakan pada suhu 79°, berat jenis 1,3 -1,4 g/cm³, dan mempunyai kekuatan tarik 55 – 60 N/mm².

Resin jenis ini secara khusus cocok digunakan pada proses manufaktur FRP dengan metode *hand lay up* dan *spray up molding*. Secara luas, resin ini banyak digunakan untuk pembuatan kapal nelayan, bak mandi, material bangunan, dan produk FRP lainnya. Sifat resin poliester ini *Yukalac* 157 BQTN-EX, Spesifik Gravity 25 °C 1.10 ± 0.02 , Viskositas *Poise*, at 25 °C.

2.12. Batu Kapur

Batu Kapur dapat terjadi dengan berbagai cara yaitu dengan proses organik, sproses mekanik, atau proses kimia. Sebagian proses batu kapur di alam terjadi dengan cara organik. Jenis tersebut berasal dari proses pengembangan cangkang atau rumah kerang. Batu kapur dengan proses secara mekanik sebenarnya bahannya tidak jauh berbeda dengan batu kapur yang secara organik. Perbedaannya adalah terjadinya perubahan dari bahan batu kapur, kemudian terbawa oleh aliran arus dan biasanya mengendap tidak terlalu jauh dari tempat tersebut (Ayu et al. 2015).

Batu kapur yang terjadi secara kimia, jenis batu kapur ini terjadi pada kondisi lingkungan dan suhu iklim tertentu, baik terjadi dalam air laut maupun air tawar. Batu Kapur dan dolomit merupakan bentuk batuan karbonat utama, material tersebut banyak

digunakan pada industri *aragonite*. Batu kapur mempunyai komposisi kimia sama dengan kalsit (CaCO_3).

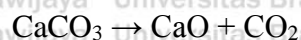
Batu kapur atau sering dinamakan gamping merupakan batuan fosfat. Batuan tersebut terbentuk dari unsur mineral *Calcium Carbonate* / $\text{CaO} + \text{H}$

Pada umumnya, batu kapur atau sering disebut gamping digunakan dalam:

- Industri pertukangan
- Keramik
- Bahan pembuatan semen.
- Pondasi rumah
- Pengeras jalan
- Bahan pemutih
- Pembasmi hama
- Glasir
- Penjernih air
- Industri kosmetik
- Obat-obatan

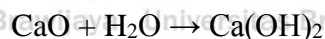
Kalsium karbonat merupakan senyawa kimia dengan formula CaCO_3 . Senyawa tersebut merupakan jenis bahan yang umum ditemukan dan merupakan bagian komponen utama cangkang dari organisme laut dan siput. Kalsium karbonat juga bahan aktif yang sering digunakan dalam kapur pertanian. Ion Ca dalam air terjadi dengan ion karbonat yang menciptakan *limestone*.

Kalsium karbonat apabila dipanaskan akan mengalami pecah dan menjadi serbuk yang lunak yang disebut kalsium oksida (CaO). Hal tersebut terjadi reaksi, dimana setiap molekul dari kalsium karbonat akan bergabung dengan satu atom oksigen dan molekul yang lainnya akan berikatan dengan oksigen yang menghasilkan CO_2 yang selanjutnya terlepas ke udara membentuk gas karbon dioksida. dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi tersebut akan berlanjut dengan tambahan air, reaksinya akan terjadi dengan kuat dan cepat, sedangkan dalam bentuk serbuk akan melepaskan kalor. Molekul

yang berasal dari CaCO_3 , mengikat molekul air (H_2O). Proses selanjutnya akan membentuk unsur *kalsium hidroksida*, zat yang lunak menyerupai pasta. Proses tersebut ditunjukkan pada reaksi :



Reaksi kalsium oksida dengan air, menghasilkan kalsium hidroksida. Kalsium hidroksida seing juga dinamakan *slaked lime*. Partikel halus kalsium hidroksida didalam air sering disebut juga *milk of lime*. Larutan Ca(OH)_2 disebut air batu kapur dan termasuk larutan basa kekuatan sedang. Larutan tersebut dapat bereaksi hebat dengan berbagai jenis larutan asam, dan dapat bereaksi dengan jenis logam dengan adanya unsur air (Masyhuri, Ahmad, and Djojowasito 2013).

Air batu kapur dapat dimanfaatkan sebagai pengawet serabut alam (bambu). Hal ini telah lama dilakukan oleh masyarakat kita terutama untuk pengolahan atau pengawetan bambu. Bambu yang sudah dalam bentuk belah atau iratan direndam dalam larutan ait batu kapur (CaOH_2), selanjutnya kalsium karbonat yang dapat mengurangi penyerapan air. Proses tersebut menjadikan bambu terhindar dari serangan jamur (Pojoh 2017).

Perlakuan alkali dengan merendam serabut kelapa dalam air batu kapur bertujuan untuk merubah struktur dari molekul selulosa, arah orientasi dari Kristal selulosa, dan morfologi permukaan serat. Dalam larutan alkali, Ca(OH)_2 akan muncul diantara molekul selulosa dan selanjutnya akan bereaksi dengan molekul air (H_2O), sehingga terbentuklah gugus serat O-Ca diantara molekul selulosa. Perlakuan tersebut akan mengurangi sifat *hidropilik* dari serabut kelapa dan meningkatkan ketahanan serabut kelapa terhadap sifat kelembaban (John and Anandjiwala 2008).

Perlakuan perendaman juga akan mengurangi beberapa komponen yang menutupi permukaan serat, antara lain pectin, lignin, hemiselulosa, lilin, dan minyak. Perlakuan perendaman akan membersihkan permukaan serat, permukaan menjadi lebih kasar, dan berpori (Graupner 2008).

BAB III

KERANGKA KONSEP PENELITIAN DAN HIPOTESIS

3.1. Kerangka Konsep

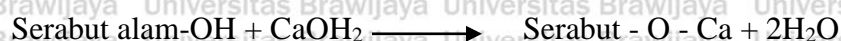
Untuk mengurangi permasalahan pencemaran lingkungan maka perlu diupayakan penggantian serabut sintetis menuju serabut alam sesuai dengan program pemerintah yaitu penggunaan material yang ramah lingkungan (*renewable*). Inovasi ini tentunya sangat relevan dengan ketersediaan material alam yang sangat melimpah khususnya di Indonesia. Serabut alam tentunya harus mengalami pengolahan terlebih dahulu untuk mendapatkan material yang kaut. Perlakuan permukaan serabut alam yang sering diterapkan adalah perlakuan alkali.

Reaksi antara kalsium hidroksida terhadap serabut diharapkan terjadi perubahan morfologi dan sifat kimia pada serabut. Perubahan morfologi diharapkan interaksi antara matriks dan serabut menjadi lebih baik. Karakteristik serabut alam dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain : derajat kristalinitas, sudut spiral fibril, kandungan serabut, ukuran lumen (void), derajat polimerisasi, kadar selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Bledzki and Gassan 1999).

Perlakuan alkali yang sering diterapkan adalah NaOH yang mempunyai sifat basa yang kuat, dimana dalam produksi NaOH juga menghasilkan limbah yang kurang baik untuk lingkungan. Dalam penelitian ini menggunakan kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Dimana kalsium hidroksida mempunyai sifat basa dengan kekuatan sedang, sehingga dengan adanya perlakuan (perendaman serabut dalam air batu kapur/kalsium hidroksida) diharapkan gugus fungsi permukaan serabut/*tofografi* menjadi lebih kasar dan bersih dari unsur minyak, lilin, dan wax. Perlakuan perendaman serabut kelapa dalam air batu kapur (kandungan basa sedang), selulosa tidak rusak.

Pelakuan Perendaman serabut dilakukan untuk meningkatkan kadar selulosa dan menghilangkan hemiselulosa dan zat amorf lain (Kabir et al. 2013). Sifat hidrofilik pada serabut diakibatkan oleh kandungan hemiselulosa. Perlakuan perendaman serabut dalam larutan air batu kapur diharapkan mampu menghilangkan kandungan hemiselulosa dengan tetap mempertahankan selulosa. Selulosa dipertahankan dengan tujuan serabut kelapa tetap kuat.

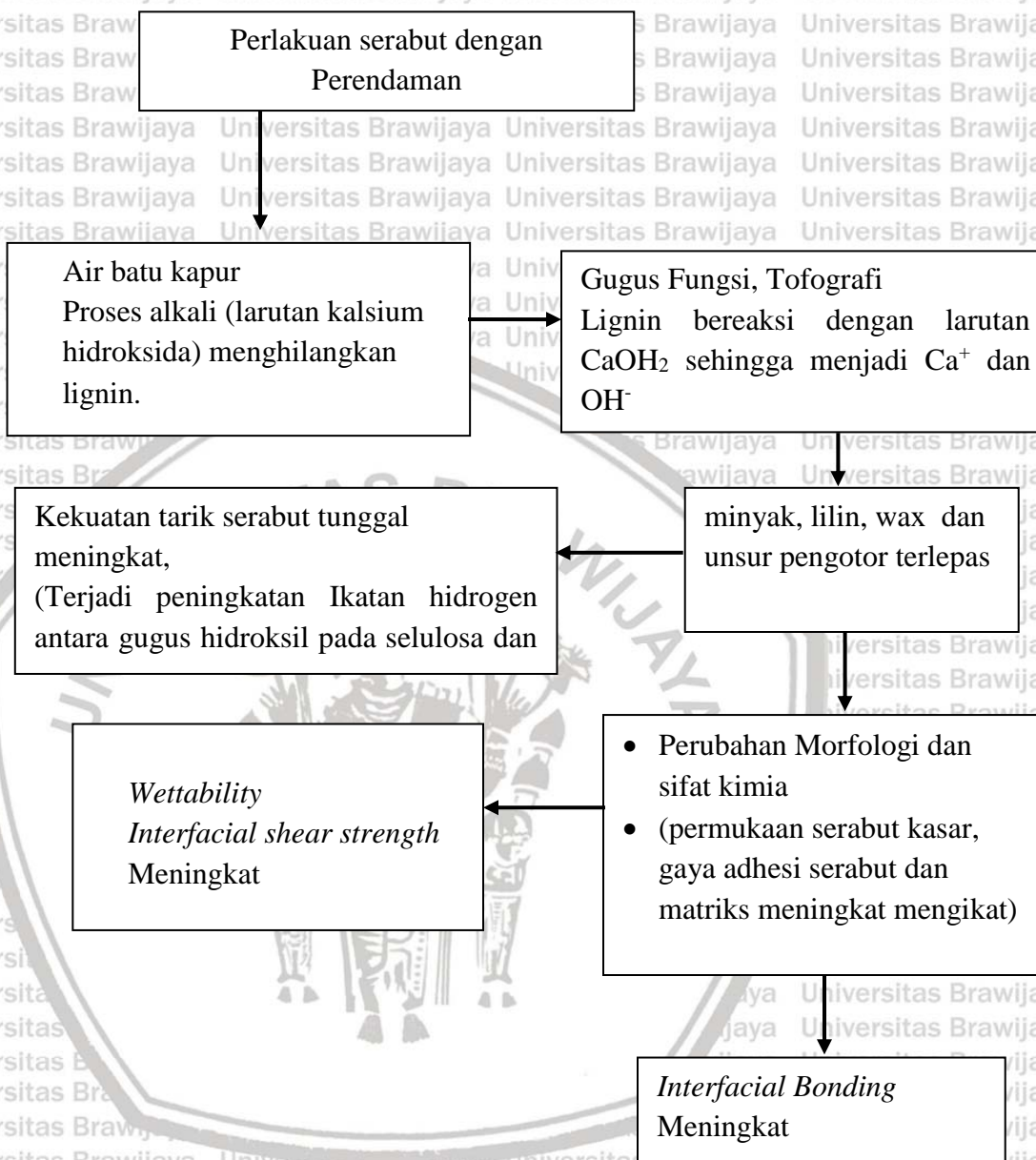
Dalam penelitian ini digunakan air batu kapur sebagai media perendaman serabut kelapa dengan harapan dapat meningkatkan prosentase kadar selulosa. Peningkatan prosentase kadar selulosa diharapkan dapat meningkatkan ikatan hidrogen antara gugus hidroksil pada selulosa dan matriks.



3.2. Hipotesis

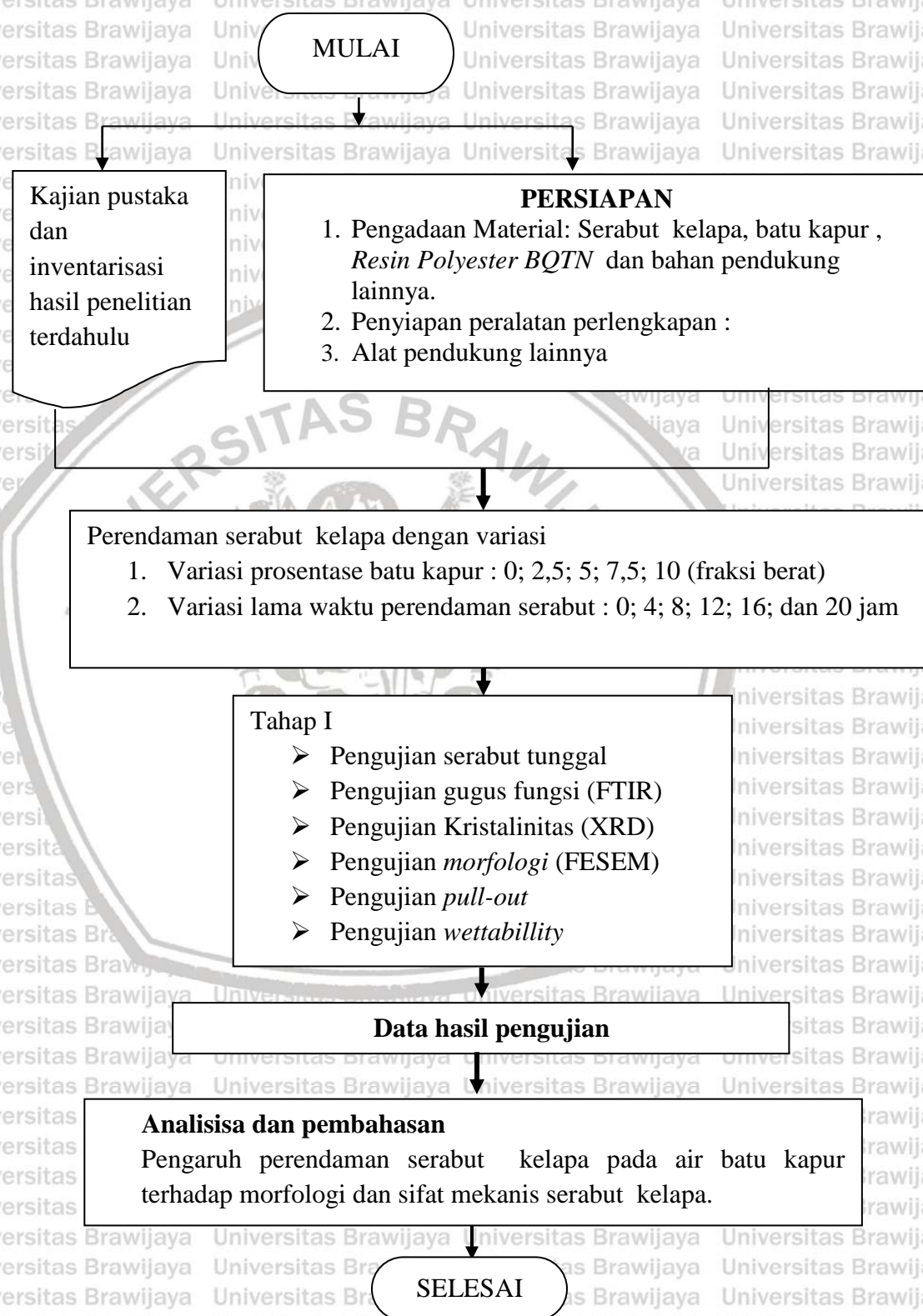
Kerangka konsep diatas dapat disusun hipotesa sebagai berikut:

- a. Serat alam terdiri dari 3 unsur yaitu : hemiselulosa, lignin, dan selulosa. Komponen lignin dan hemiselulosa terletak pada bagian luar serat, sedangkan komponen selulosa terletak pada bagian dalam, seperti terlihat pada Gambar 2.7. a. Hemiselulosa dan lignin dapat terdegradasi oleh larutan alkali. Selulosa merupakan bagian utama serat, sulit untuk terdegradasi oleh larutan kimia. Air batu kapur mengandung unsur kalsium (termasuk larutan alkali dengan kekuatan sedang) sehingga mampu untuk mereduksi komponen lignin dan hemiselulosa. Perendaman serabut kelapa dalam air batu kapur akan meningkatkan prosentase kandungan selulosa dan prosentase kandungan hemiselulosa dan lignin semakin menurun. Prosentase kandungan hemiselulosa yang semakin menurun mengakibatkan terbentuknya gugus hidroksil pada selulosa dan matriks. Terbentuknya gugus hidroksil menyebabkan derajat kiralinitas semakin meningkat. Gugus kiralinitas mengakibatkan permukaan serabut semakin bersih, kasar, dan beralur.
- b. Waktu perendaman dan prosentase batu kapur akan mempengaruhi prosentase kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Dengan naiknya prosentase kadar selulosa dan menurunnya prosentase kandungan hemiselulosa mengakibatkan permukaan serabut semakin kasar. Permukaan serabut yang mengandung lignin terdegradasi oleh larutan air batu kapur, sehingga kandungan lignin pada permukaan serabut berkurang. Hal ini mengakibatkan permukaan serabut menjadi lebih bersih dan kasar, dan beralur. Permukaan serabut yang kasar mengakibatkan tingkat kebasahan (energi permukaan) serabut meningkat. Tingkat kebasahan yang semakin meningkat menjadikan kuat geser antara serabut dan matriks meningkat.



Gambar 3.1 Kerangka konsep

3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

3.4. Road Map penelitian

Effect of alkali treatment on crystalline structure of cellulose fiber from mendong (*fimbristylis globulosa*) straw (H. Suryanto, E. Marsyahyo, Y. S. Irawan, and R. Soenoko, 2014)

ScienceDirect Processing and Characterization of Banana Fiber / Epoxy Composites : Effect of Alkaline Treatment (Khusairy, Muhammad, Bin Bakri, Elammaran Jayamani, and Sinin Hamdan. 2017)

Effect of surface treatment with potassium permanganate on ultrahigh molecular weight polyethylene fiber reinforced natural rubber composites (2010)

Sea Water Effects on Surface Morphology and Interfacial Bonding of Sugar Palm Fiber to Sago Matrix. (Mardin, H, I N G Wardana, K Kusno, and S Wahyono. 2017.)

Serabut kelapa, Air batu kapur
Variasi Prosentase Batu kapur (%wt)
Variasi lama perendaman (jam)

Mechanical Property of Surface Modified Natural Fiber Reinforced PLA Biocomposites. (Sujaritjun, Wassamon, Putinun Uawongsuwan, and Weraporn Pivsa-art. 2013)

Effect of Sugar Palm Fiber Surface on Interfacial Bonding with Natural Sago Matrix (H. Mardin et.al, 2016)

Effect of Various Chemical Treatments on the Fibre Structure and Tensile Properties of Industrial Hemp Fibres (Sawpan, Moyeenuddin A, Kim L Pickering, and Alan Fernyhough. 2011)

Characterization of the Chemical , Physical , and Mechanical Properties of NaOH-treated Natural Cellulosic Fibers from Corn Husks Characterization of the Chemical , Physical , and Mechanical Properties of NaOH-treated Natural Cellulosic Fibers from Corn H (N. H. Sari, 2017)

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan yaitu metode eksperimental. Persiapan penelitian meliputi studi literatur, persiapan bahan (serabut kelapa dan air batu kapur), dan alat alat penelitian. Kegiatan penelitian diawali dengan persiapan bahan dan alat yaitu pemisahan serabut kelapa, perlakuan serabut, pengujian kandungan serabut, pengujian serabut, dan analisa hasil pengujian.

4.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode eksperimental.

Penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap :

- Perlakuan serabut dengan perendaman air batu kapur.
Serabut kelapa diambil dari buah kelapa yang sudah tua. Serabut dipisahkan dari dagingnya dengan cara manual. Dibersihkan dan dipisahkan sesuai dengan ukuran yang ditentukan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan serabut kelapa yang seragam. Serabut direndam dalam air batu kapur sesuai dengan rencana penelitian (Tabel 4.1 dan tabel 4.2).
- Uji hidrolisis untuk mengetahui kandungan selulosa, lignin dan hemiselulosa.
Pengujian kandungan serabut kelapa dilakukan di laboratorium konversi kimia biomaterial , fakultas kehutanan Universitas Gadjah Mada. Material yang disiapkan, serbuk serabut kelapa yang dihaluskan sampai ukuran mesh 100. Sampel yang disiapkan masing-masing 5 gram per sampel.
- Uji serabut tunggal untuk mengetahui kekuatan tarik.
Pengujian serabut tunggal dilakukan sesuai dengan standart ASTM C 1557. Pengujian tarik serabut tunggal dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik serabut kelapa sebelum perlakuan dan setelah perlakuan (variasi perlakuan). Pengujian serabut tunggal dilakukan di laboratorium material, teknik industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Uji SEM untuk mengetahui morfologi permukaan serabut.

Pemindaian SEM untuk mengetahui morfologi permukaan serabut. Serabut non perlakuan dan perlakuan di uji SEM. Pengujian dilakukan di Laboratorium LSIH Universitas Brawijaya dan Laboratorium Material Politeknik ATMI Surakarta.

- Uji FTIR untuk mengetahui gugus fungsi dan senyawa kimia.

Pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia, Universitas Brawijaya. Material yang disiapkan, serbuk serabut kelapa yang dihaluskan sampai ukuran mesh 100. Sampel yang disiapkan masing-masing 5 gram per sampel.

- Uji XRD untuk analisis komposisi fasa atau senyawa pada material dan juga karakterisasi Kristal.

Pengujian XRD dilakukan di Laboratorium LSIH Universitas Brawijaya. Material yang disiapkan, serbuk serabut kelapa yang dihaluskan sampai ukuran mesh 100. Sampel yang disiapkan masing-masing 5 gram per sampel.

- Uji *Wettability* untuk mengetahui kemampuan matriks membasahi serabut.

Pengujian *wettability* dilakukan dengan pengamatan besarnya energi permukaan serabut, pengukuran dilakukan dengan cara menghitung besarnya sudut kontak antara serabut dengan matriks sesuai ASTM D 358-98. Energi permukaan serabut dipakai sebagai acuan untuk mengukur ikatan kekuatan antara permukaan serabut dengan matriks. Energi permukaan (γ) tersusun dari 2 komponen yaitu komponen polar (γ^p) dan komponen dispersif (γ^d) (Owens dan Wendt, 1969).

$$\gamma = \gamma^p + \gamma^d$$

Dengan:

γ^p = energi permukaan polar (mJ/m^2)

γ^d = energi permukaan *dispersive* (mJ/m^2)

- Uji Pull-out untuk mengetahui tegangan geser.

Pengujian geser dilakukan sesuai dengan ASTM D 5379 – 98. Pengujian geser dilakukan di laboratorium Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Setiap satu varisai perlakuan terdiri dari 6 sampel. Metode pengujian yaitu serabut ditanam dalam matriks, dengan kedalaman tanam 2 mm. Selanjutnya serabut ditarik dengan beban aksial sebesar P.

$$\tau = \frac{F_{\max}}{\pi dl}$$

Dengan:

T = Tegangan geser

F_{max} = Beban maksimum yang digunakan untuk melepaskan ikatan antara serabut dan matriks.

D = Diameter serabut

L = Panjang serabut tertanam

Tabel 4.1. Kode dan banyaknya batu kapur (% wt)

No	Kode	Keterangan (% wt)
1	A	0
2	B	2,5
3	C	5,0
4	D	7,5
5	E	10

Tabel 4.2. Kode dan lama perendaman

No	Kode	Keterangan (jam)
1	UF	0
2	T4H	4
3	T8H	8
4	T12H	12
5	T16H	16
6	T20H	20

4.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan :

1. Serabut Kelapa

Serabut kelapa diperoleh dari daerah Wonogiri, Jawa Tengah pada buah kelapa yang sudah berumur 11-12 bulan dan dipetik dari pohon kelapa yang sudah berusia 10-15 tahun.

Serabut kelapa diambil atau diperoleh dengan cara manual. Serabut kelapa dipisahkan dari daging dengan cara disisir. Serabut yang sudah bersih dari dagingnya dipilih untuk menentukan ukuran serabut yang seragam (dengan bantuan mikroskop) supaya ukuran diameter serabut seragam. Serabut kelapa dipilih pada bagian yang baik.



(a)



(b)

Gambar 4.1 (a). Kelapa (b). Serabut kelapa

2. Batu Kapur.

Batu kapur diambil dari daerah Sampung, Ponorogo, Jawa Timur

Batu kapur direndam digunakan untuk merendam serabut kelapa.



Gambar 4.2. Batur kapur

Alat Yang Digunakan

➤ Timbangan digital

Merk : Starco dengan kapasitas 3 Kg, tenaga 2 baterai,

Alat ini digunakan untuk menimbang material dengan ketelitian 0,1 g dan kemampuan maksimal 3000 g.

➤ Foto digital

Jenis kamera : canoon ixuss, 20.0 Megapixel IXUS with 8x *optical zoom*

Foto digital digunakan untuk mengambil gambar selama proses penelitian.

➤ Jig serabut (pengujian *wettability*)

Jig serabut dibuat dari alumunium model U dengan ukuran 4 cm x 2 cm x 2 cm.

digunakan untuk tempat dudukan serabut kelapa. Serabut

ditata (setiap variasi terdiri dari 6 serabut). Kemudian serabut yang sudah tertata dalam jig ditetesi dengan air distilasi dan *ethylene glycol* dengan alat mikropipet. Setelah itu diamati dengan mikroskop untuk mengetahui tingkat kebasahan dengan mengukur atau mengamati tetesan pada serabut tersebut.

➤ Mikropipet

Digunakan untuk meneteskan cairan air distilasi dan *ethylene glycol* pada permukaan serabut kelapa.



Gambar 4.3 mikropipet

Kemampuan tetes alat (mikropipet AMT-Y09) tersebut 200 – 1000 µl. Setiap pengujian dilakukan satu tetesan pada volume tetes 500 µl

➤ Mikroskop

Jenis mikroskop tipe : Mikroskop Monokuler Yazumi XSP-12, Pembesaran: 500x, lensa mata *huygens*: H10x-H12.5x, lensa obyektif: 4x/0.10, 10x/0.25, 40xS/0.65, *stage*: 110 mm x 120 mm.

Mikroskop digunakan untuk mengukur diameter serabut dan untuk mengamati hasil uji *wettability* (mengukur sudut kebasahan antara cairan air distilasi dan *ethylene glycol* dan serabut kelapa.

➤ Mesin uji tarik

Mesin uji tarik digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik serabut kelapa. Jenis mesin uji : TENSO Lab, tipe: Pearson Panke Equipment (alat uji tarik benang). Kapasitas beban 50 newton.

➤ Foto FESEM (*Field Emission Scanning Electron Microscopy*)

FESEM digunakan untuk melihat morfologi struktur mikro dan tekstur permukaan serabut.

Spesifikasi SEM

SEM Instrument : FEI - Quanta FEG 650

SEM type : FESEM

License to : Universitas Brawijaya

EDS detector : Oxford Instrument - X-act

EDS software : AZtecOne

Manage by : Laboratorium Sentral Ilmu Hayati

FESEM set-up for : EDS acquisition

Vacuum mode : Low Vacuum

HV : 20 kV

spot size : 5

dwell time : 1 us

WD : 10 mm

SEM Image det. : vCD (BSE image)

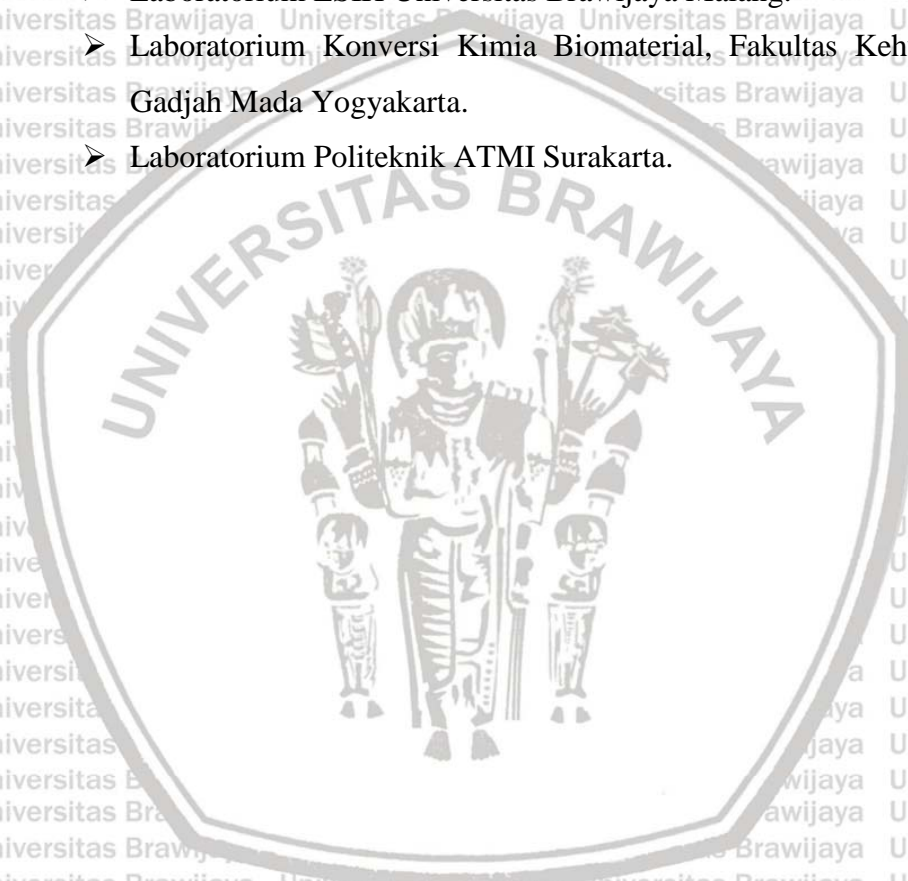
Sample prep : sample was put on top of doublesided carbon tape. 90 degree position.

4.3. Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan :

- Laboratorium Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

- Laboratorium Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Merdeka Madiun.
- Laobaratorium Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
- Laboratorium material Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Laboratorium LSIH Universitas Brawijaya Malang.
- Laboratorium Konversi Kimia Biomaterial, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Laboratorium Politeknik ATMI Surakarta.



BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Perlakuan Serabut (Variasi Prosentase Batu Kapur)

Perlakuan kimia dengan melakukan perendaman serabut pada air batu kapur variasi prosentase massa batu kapur. Serabut kelapa dibersihkan atau pemisahan serabut dengan daging dilakukan dengan cara manual. Serabut diambil pada bagian tengah yang memiliki diameter yang seragam. Variasi massa batu kapur yang digunakan yaitu 0%; 2,5%; 5,0%; 7,5%; dan 10%. Perlakuan ini digunakan untuk mengetahui pada variasi berapa serabut mempunyai kekuatan tarik yang terbaik.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5.1. (a). Serabut kelapa yang sudah diberishkan, (b). Serabut kelapa siap untuk direndam, (c). Serabut kelapa yang sudah direndam dalam air batu kapur

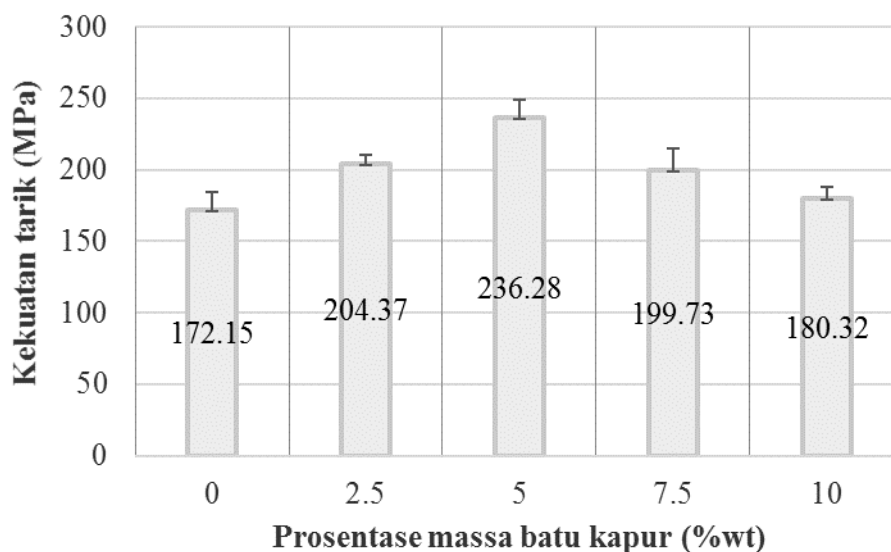
Hasil uji tarik tunggal dapat diketahui bahwa tegangan tarik terbesar terdapat pada perlakuan atau perendaman larutan batu kapur 5% yaitu 236,27 MPa, sedangkan tegangan tarik terkecil terdapat pada perendaman larutan batu kapur 10% yaitu 172,15 MPa.

Tabel 5.1 . Variasi prosentase Prosentase Batu Kapur

No	Kode	Prosentase batu kapur (% wt)	Lama perendaman (jam)
1	A	0	0
2	B	2,5	8
3	C	5,0	8
4	D	7,5	8
5	E	10	8



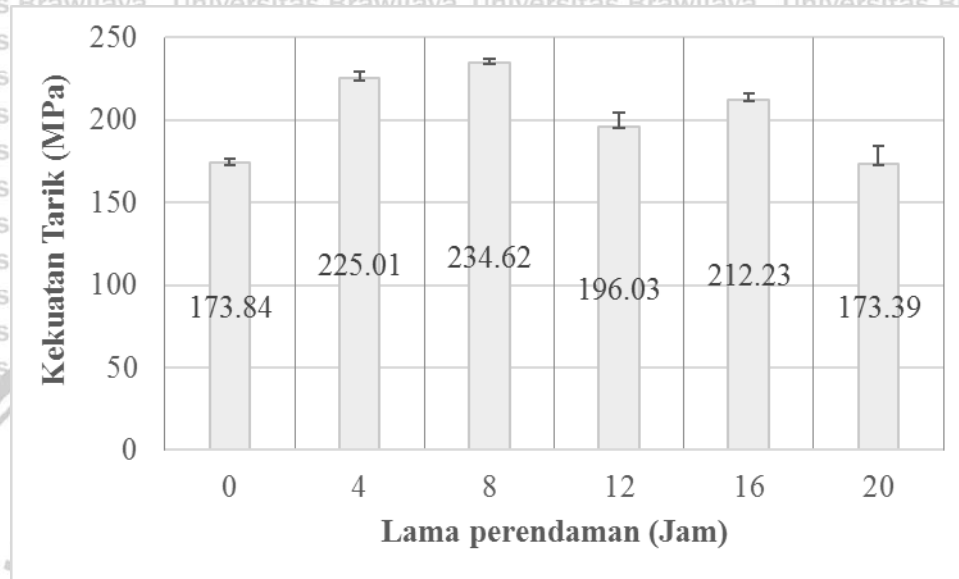
Gambar 5.2. Spesimen uji serabut tunggal



Gambar 5.3. Grafik hasil pengujian serabut tunggal

5.2. Perlakuan Serabut (Variasi Prosentase Lama Perendaman)

Hasil pengujian serabut tunggal dengan variasi lama perendaman dan variasi tetap massa batu kapur ditunjukkan pada gambar 5.4.



Gambar 5.4. Hasil pengujian kekuatan tarik serabut tunggal variasi lama perendaman

Hasil analisa menunjukkan kuat tarik serabut tanpa perlakuan 173,84 MPa, peningkatan kuat tarik terjadi pada perlakuan perendaman 4, 8, 12, dan 16 jam, masing-masing bernilai 225,01; 234,62; 196,03; dan 212,23 MPa. Kekuatan tarik serabut kelapa mengalami peningkatan maksimum pada perendaman selama 8 jam. Pada perendaman 8 jam terjadi penyempurnaan struktur kristal dan pelarutan unsur lignin. Larutan air batu kapur (alkali dengan kekuatan sedang) masuk dalam struktur serat, selanjutnya bereaksi dengan air yang berada didalam serat. Reaksi tersebut mengakibatkan terbentuknya gugus serabut O-Ca. Pada proses perendaman 8 jam, serabut kelapa mengalami proses peningkatan gaya antar rantai akibat adanya ikatan hidrogen antara gugus hidroksil pada rantai yang berdekatan. Faktor tersebut yang menjadikan tingginya tingkat kekristalan pada selulosa.

Kekuatan tarik perendaman 20 jam mengalami penurunan sebesar 173,39 MPa, akibat perendaman yang terlalu lama sehingga menyebabkan degradasi pada unsur serabut selulosa. Hal tersebut disebabkan pengaruh waktu perendaman akan mengakibatkan ikatan antar molekul melemah, sehingga ikatan hidrogen antara gugus

hidroksil kurang maksimal. Hal ini yang menyebabkan menurunnya tingkat kekristalan pada selulosa.

5.3. Pengujian Kandungan Selulosa, Lignin, dan Hemiselulosa

Perlakuan perendaman air batu kapur mengakibatkan terjadinya perubahan komposisi kimia pada serabut kelapa. Perubahan komposisi kimia terjadi akibat dari larutan air batu kapur yang melarutkan unsur-unsur seperti lignin, hemiselulosa, dan zat ekstraktif lainnya, sehingga persentase unsur selulosa didalam serabut meningkat.

Untuk mengamati perubahan komposisi kimia serabut, maka dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian komposisi serabut sebelum dan setelah mengalami perlakuan perendaman air batu kapur, seperti yang ditunjukkan pada grafik berikut.

Tabel. 5.2. Hasil pengujian kandungan kimia serabut

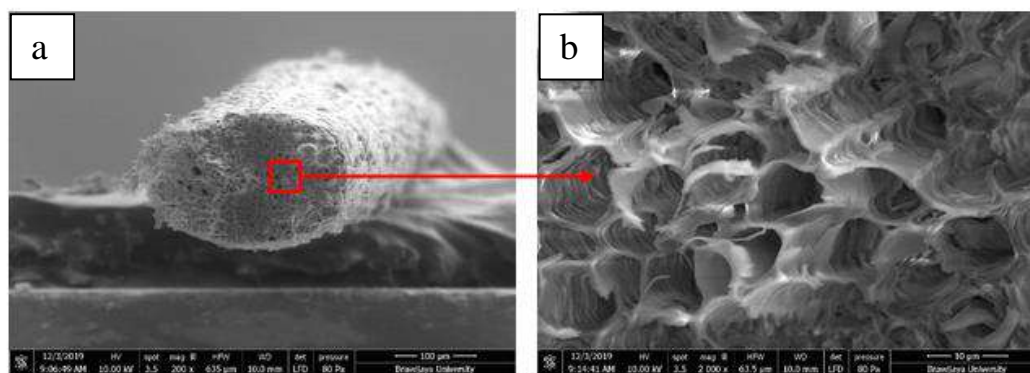
No	Lama Perendaman	Kode	Komposisi		
			Hemiselulosa	Selulosa	lignin
1	Tanpa perlakuan	UT	28,35	33,89	35,72
2	4 Jam	T4H	30,49	34,27	34,16
3	8 Jam	T8H	29,17	36,99	32,14
4	12 Jam	T12H	34,54	32,06	32,34
5	16 Jam	T16H	41,76	23,44	32,28
6	20 Jam	T20H	44,10	22,65	32,29

Komposisi serabut kelapa yang belum dan yang sudah mendapat perlakuan perendaman air batu kapur mempunyai kandungan kimia yang berbeda, seperti ditunjukkan pada tabel 5.2 serabut yang mendapat perlakuan perendaman air batu kapur pada lama perendaman 8 jam mempunyai nilai alfa selulosa tertinggi (36,99%).

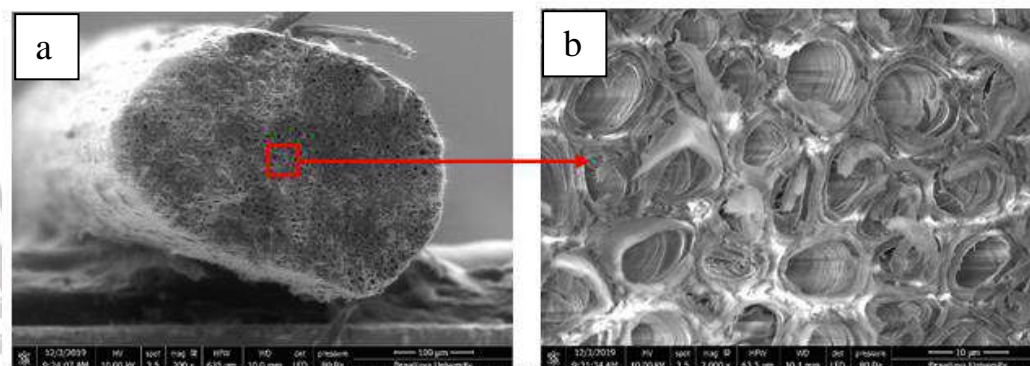
Peningkatan kandungan selulosa perlakuan 8 jam, karena kandungan hemiselulosa dan lignin terkikis larutan air batu kapur, sehingga prosentase hemiselulosa dan lignin menurun.

5.4. Pengamatan SEM permukaan serabut

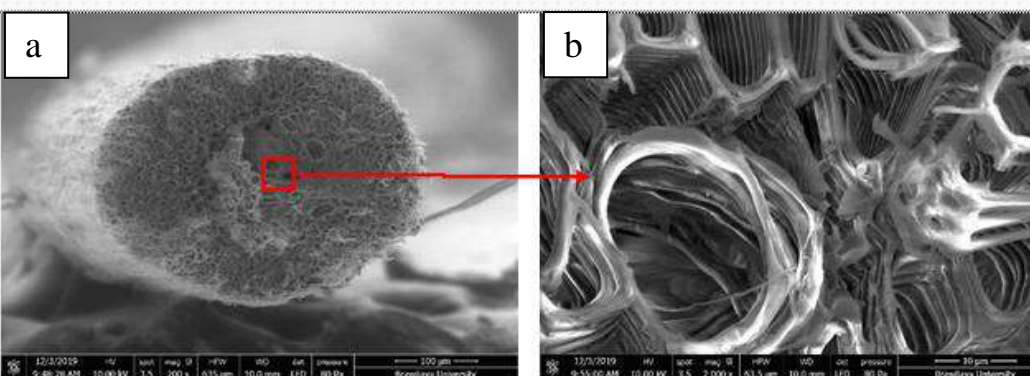
Gambar 5.5 menunjukkan morfologi permukaan kelapa tanpa perlakuan, gambar 5.6 – 5.8 masing-masing menunjukkan morfologi permukaan serabut dengan perlakuan lama perendaman 4 jam, 8 jam, dan 20 jam.



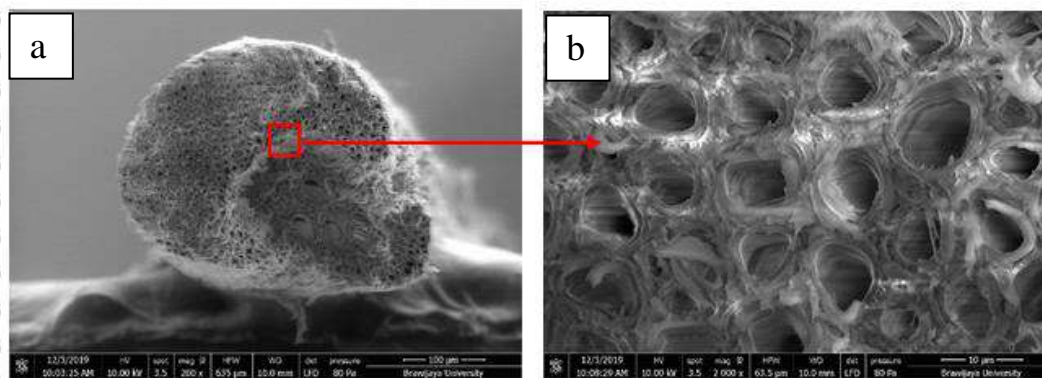
Gambar 5.5. Menunjukkan UT, (a) permukaan kelapa melintang, (b) SEM dari heterogenitas penampang kelapa



Gambar 5.6. Menunjukkan T4H, (a) permukaan kelapa melintang, (b) SEM dari heterogenitas penampang kelapa



Gambar 5.7. Menunjukkan T8H, (a) permukaan kelapa melintang, (b) SEM dari heterogenitas penampang kelapa



Gambar 5.8. Menunjukkan T20H, (a) permukaan kelapa melintang, (b) SEM dari heterogenitas penampang kelapa

Gambar 5.5 menunjukkan permukaan kelapa tanpa perendaman. Permukaan kelapa menunjukkan permukaan yang kotor (permukaan dilapisi dengan lilin dan minyak). Gambar 5.6 menunjukkan permukaan yang kasar karena kandungan OH dari gugus serabut telah terdegradasi, dan permukaan menjadi kasar, berlekuk, dan keropos akibat efek perendaman batu kapur. Perendaman membuat permukaan menjadi kasar, meningkatkan kekasaran akibat degradasi lignin pada permukaan serabut, diperkaya dengan komposisi unsur H dan O dalam senyawa lignin seiring dengan kepadatan ikatan C dalam serabut. Proses perlakuan ini termasuk proses alkali dengan kekuatan sedang, sehingga komponen utama serabut (selulosa) tidak rusak. Pada proses perlakuan, lignin bereaksi dengan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sehingga menjadi Ca^+ dan OH^- . Ion OH^- bereaksi dengan gugus H pada lignin membentuk H_2O . Perlakuan tersebut menyebabkan gugus O bereaksi dengan Ca^+ dan ikut larut dalam larutan basa sehingga lignin berkurang. Berkurangnya komponen hemiselulosa dan lignin akan meningkatkan kontak langsung antar fibril selulosa sehingga menghasilkan pembentukan ikatan yang kuat.

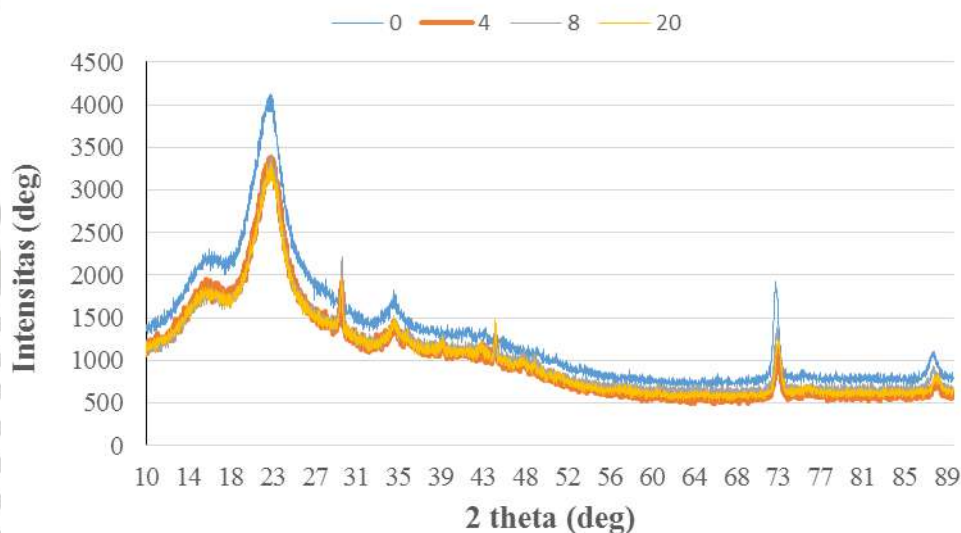
Gambar 5.7 permukaan serabut terlihat lebih bersih dan kasar jika dibandingkan dengan Gambar 5.6, hal ini dikarenakan unsur lignin, hemiselulosa dan pektin dalam serabut telah terdegradasi oleh air kapur. Perendaman kelapa selama 8 jam dapat membersihkan permukaan. Gambar menunjukkan permukaan serabut yang bersih, teratur alurnya, dan tidak mengalami cacat permukaan, dan alur serabut yang

baik seperti spiral. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) adalah salah satu teknik karakterisasi yang paling kuat untuk menilai efek modifikasi permukaan pada serabut.

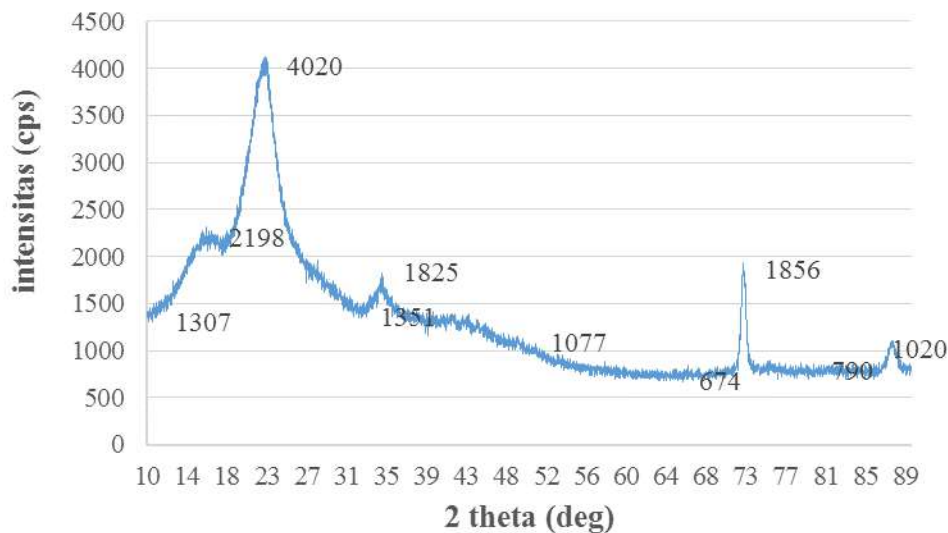
Gambar 5.8 menunjukkan permukaan serabut yang kurang baik (bisa dikatakan rusak) hal ini disebabkan terlalu lama perendaman serabut. Ini menghasilkan permukaan serabut yang rusak. Perendaman yang terlalu lama menyebabkan selulosa terdegradasi.

5.5. Analisis XRD

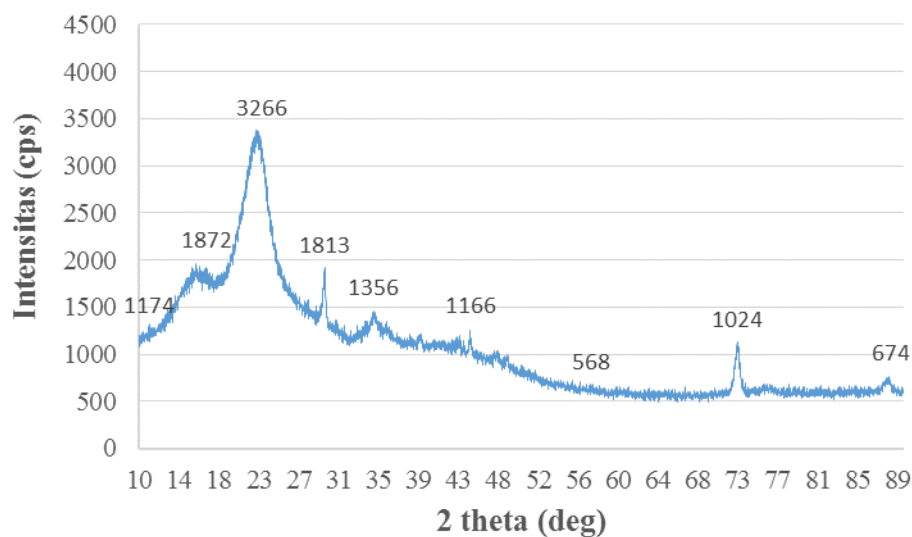
Gambar 5.9 menunjukkan pola difraksi sinar-X kelapa tanpa perlakuan dan dengan perlakuan. Gambar secara terpisah yaitu tanpa perlakuan dan dengan perlakuan 4, 8, dan 20 jam peredaman ditunjukkan gambar berturut-turut yaitu gambar 5.10 sampai gambar 5.13. Intensitas puncak tiap perlakuan terjadi pada area sekitar 22° . Intensitas puncak setiap perlakuan sesuai dengan refleksi bidang kristalografi yang merepresentasikan puncak kristal selulosa.



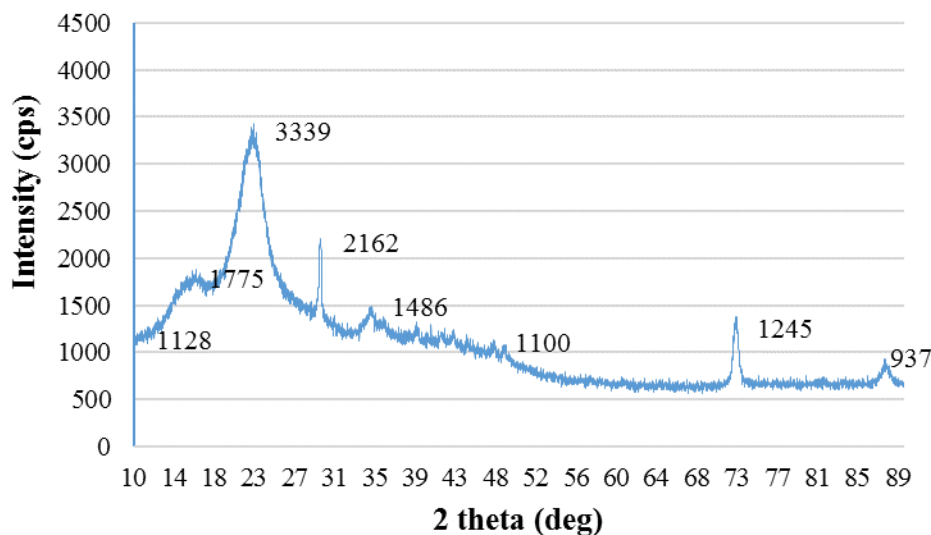
Gambar 5.9. Profil difraksi sinar-X untuk serabut tanpa perlakuan dan perlakuan perendaman air kapur



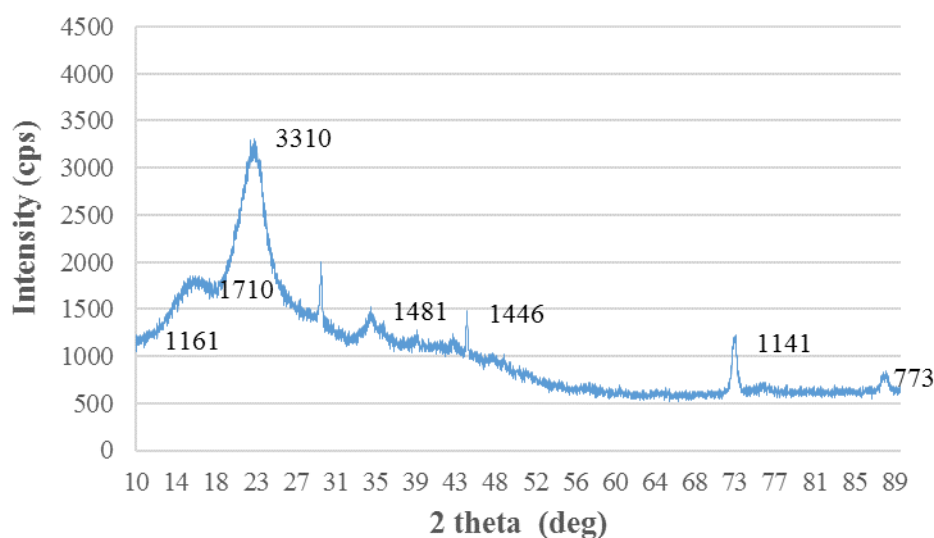
Gambar 5.10. Profil difraksi sinar-X untuk serabut tanpa perlakuan



Gambar 5.11. Profil difraksi sinar-X untuk serabut 4 jam perlakuan



Gambar 5.12. Profil difraksi sinar-X untuk serabut 8 jam perlakuan



Gambar 5.13. Profil difraksi sinar-X untuk serabut 20 jam perlakuan

Tabel 5.3. Persentase kristalinitas setiap serabut

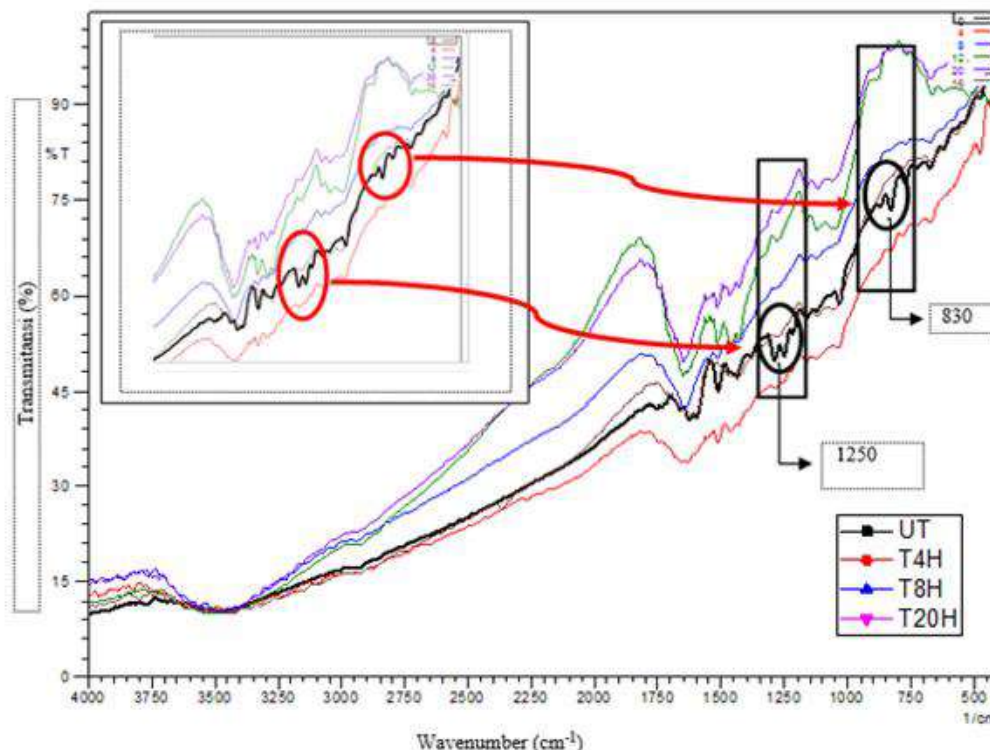
Kode	I ₁₀ (cps)	I ₆₀ (cps)	Cr (%)
UT	2300	4084	63,97
T4H	1875	3305	63,80
T8H	1818	3369	64,95
T20H	1848	3310	64,23

Tabel 5.3 menunjukkan bahwa intensitas relatif UT pada skala 2 θ adalah 2300 (I10) dan 4084 (I60). Persentase kristalinitas (% Cr) UT ditemukan 63,97. Sedangkan T4H yang dipadatkan dengan batu kapur selama 4 jam menunjukkan intensitas relatif 1875 (I10) dan 3305 (I60) sehingga persentase kristalinitas serabutnya 63,8. Intensitas relatif T8H yang direndam dalam batu kapur selama 8 jam adalah 1818 (I10) dan 3369 (I60). Persentase kristalinitas serabut diperlakukan dengan 8 jam 64,95. Intensitas relatif serabut yang direndam selama 20 jam adalah 1848 (I10) dan 3310 (I60). Persentase kristalinitas serabut ditemukan 64,23.

Kristalinitas kelapa meningkat dengan lama perendaman 8 jam. Tabel 5.3 menunjukkan waktu perendaman selama 8 jam untuk menghilangkan komponen amorf dan pengotor lainnya. Hilangnya komponen amorf dan pengotor membuat susunan rantai selulosa semakin baik. Perendaman kelapa dengan kristalinitas 12 jam berkurang karena struktur selulosa rusak.

5.6. Analisa Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Hasil spektra uji serabut FTIR tanpa dan dengan batu kapur perendaman terlihat pada Gambar 5.14. Gambar tersebut menunjukkan gugus fungsi yang tampak pada serabut tanpa perendaman dan dengan perendaman. Tekstur tanpa perendaman dan dengan perendaman meningkat intensitasnya. Gambar 5.10 menunjukkan puncak di sekitar daerah bilangan gelombang 3450 cm^{-1} yang berhubungan dengan regangan getaran kelompok fungsi O-H (Orue et al. 2015; Sawpan, Pickering, and Fernyhough 2011). Absorpsi yang terjadi pada puncak 2940 cm^{-1} berkaitan dengan getaran regangan asimetris dari ikatan C-H (Tran, Bénézet, & Bergeret, 2014). Gambar 5.14 menunjukkan bahwa perendaman air kapur dapat mempengaruhi puncak gelombang dimana perendaman dapat memutus rantai senyawa serabut seperti lignin dan hemiselulosa. Proses degradasi pada proses perendaman serabut dapat mereduksi gugus OH pada rentang wilayah gelombang 3750 - 3250 cm^{-1} .

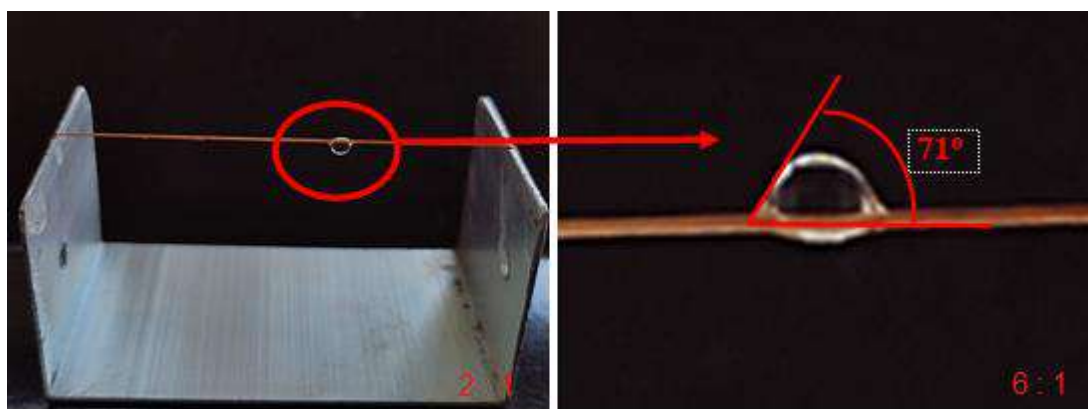


Gambar 5.14 Hasil uji FTIR serabut tanpa perendaman dan serabut perendaman air kapur

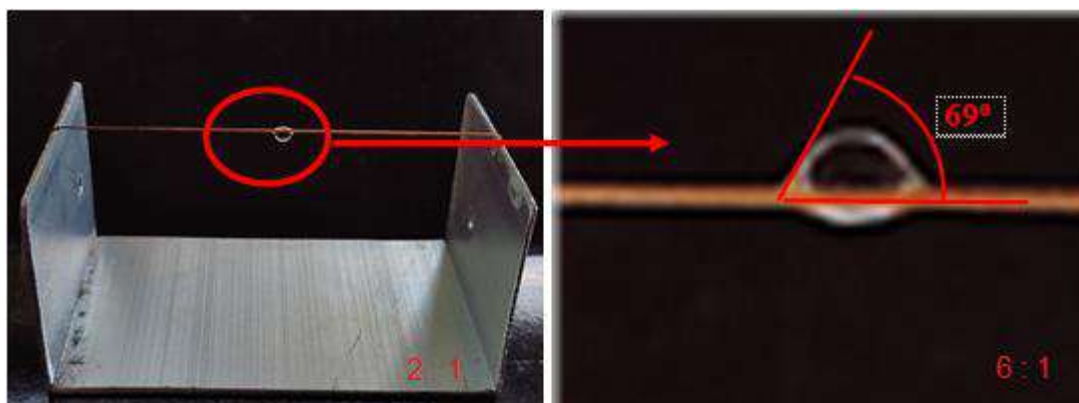
Puncak sistilinitas pada daerah bilangan gelombang $1630 - 1030 \text{ cm}^{-1}$, hal ini disebabkan adanya getaran gugus karbon dan hidrogen (Kabir et al. 2013). Perubahan serabut berserabut yang terdegradasi membuat serabut bersih, kasar dan berlekuk. Absorpsi pada daerah dengan panjang gelombang $800-400 \text{ cm}^{-1}$ terjadi getaran C-C membentuk ikatan yang lebih rapat yang meningkatkan kekuatan tarik serabut. Pada daerah tersebut terjadi ikatan antara senyawa kalsium hidrosida (Ca^+) dengan senyawa karbon yang mengakibatkan interaksi gaya molekul selulosa meningkat. Perbedaan spektrum FTIR serabut yang tidak direndam dan tekstur yang terserap terlihat pada Gambar 5.10 yaitu pada kerangka gelombang 1256 cm^{-1} dan 830 cm^{-1} pada garis grafik hitam (tanpa perlakuan). Pada angka-angka ini, serabut yang tidak diolah masih muncul puncak di dua tempat. Sedangkan jaringan yang direndam tidak muncul puncak, hal ini mengindikasikan bahwa serabut dengan air rendaman kapur batu kapur dapat menghilangkan lignin dan hemiselulosa.

5.7. Wettability (Kebasahan serabut)

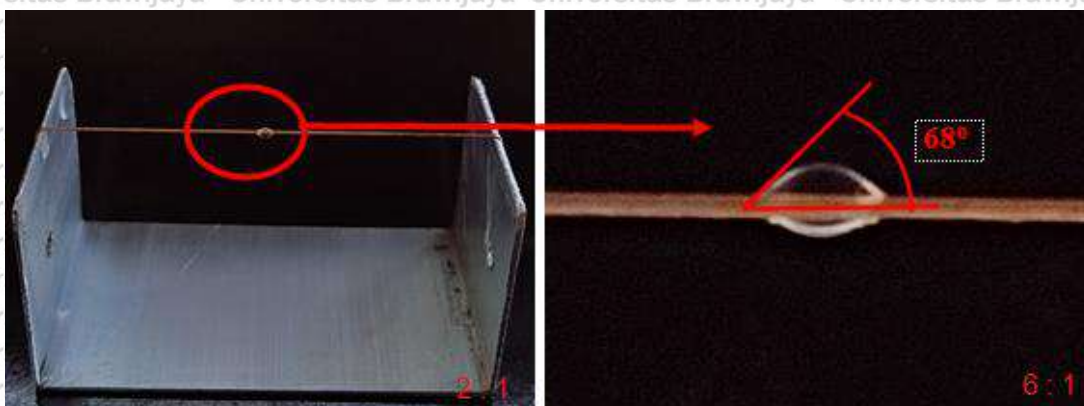
Nilai perekatan matriks dan serabut dapat dilihat dari keterbasahan serabut. Pembasahan serabut dapat diketahui dengan menghitung energi permukaan. Tabel 5.4 menunjukkan sudut kontak dan energi permukaan untuk serabut kelapa yang tidak diolah dan diolah. Di air distilasi dan etilen glikol, serabut yang tidak diberi perlakuan memiliki sudut kontak yang lebih tinggi dengan energi permukaan yang lebih rendah dibandingkan dengan serabut yang dirawat. Hal tersebut menunjukkan bahwa UF bersifat hidrofobik dengan polaritas yang rendah sulit untuk dibasahi. Adanya material non polar, seperti lilin, minyak, pektin, dan lignin, pada permukaan fiber menyebabkan UF menjadi hidrofobik. Hasil pengujian *wettability* ditunjukkan pada gambar 5.15 - 5.20.



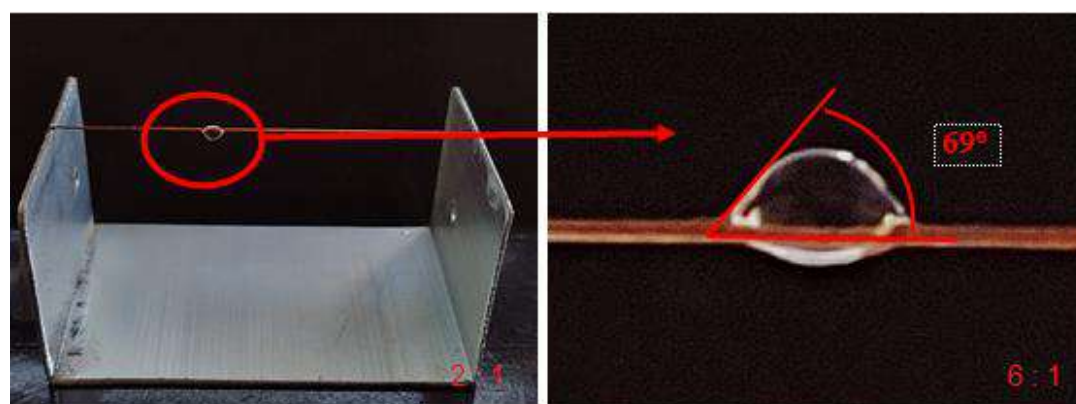
Gambar 5.15 Sudut kontak pada serabut tanpa perlakuan



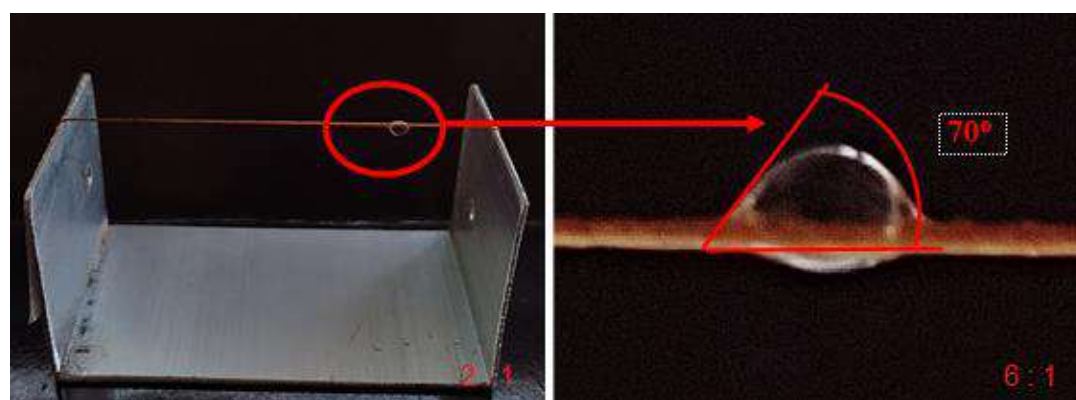
Gambar 5.16 Sudut kontak pada serabut perlakuan T4H



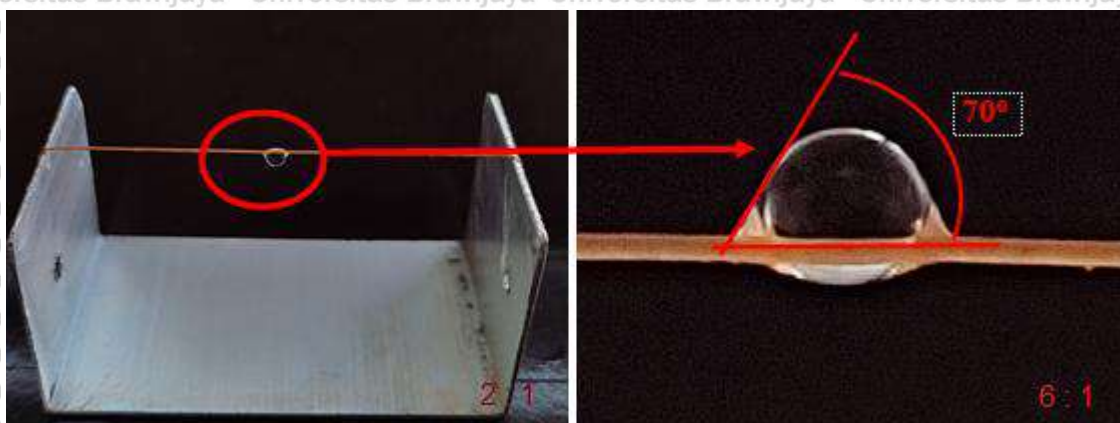
Gambar 5.17 Sudut kontak pada serabut perlakuan T8H



Gambar 5.18 Sudut kontak pada serabut perlakuan T12H



Gambar 5.19 Sudut kontak pada serabut perlakuan T16H



Gambar 5.20 Sudut kontak pada serabut perlakuan T20H

Gambar 5.15 menunjukkan serabut dengan tanpa perendaman memeperlihatkan sudut kontak sebesar $71,89^\circ$ dan gambar 5.16 menunjukkan serabut dengan lama perendaman 4 jam menunjukkan sudut kontak $69,37^\circ$, hal ini menunjukkan bahwa daya serap serabut terhadap matriks kurang baik. Hal ini disebabkan permukaan serabut masih tertutup oleh pengotor (lignin). Gambar 5.17 menunjukkan sudut kontak $68,54^\circ$, lebih kecil dibandingkan dengan serabut tanpa perlakuan dan perlakuan 4 jam, hal ini menunjukkan matriks dapat terserap kedalam pori-pori serabut. Gambar 5.18 – 5.20 berturut-turut menunjukkan sudut kontak $69,67^\circ$; $70,32^\circ$; dan $70,43^\circ$ hal ini menunjukkan peningkatan besarnya sudut kontak. Peningkatan besarnya sudut kontak menunjukkan lemahnya ikatan antara serabut dan matriks juga disebabkan permukaan serabut yang terkikis.

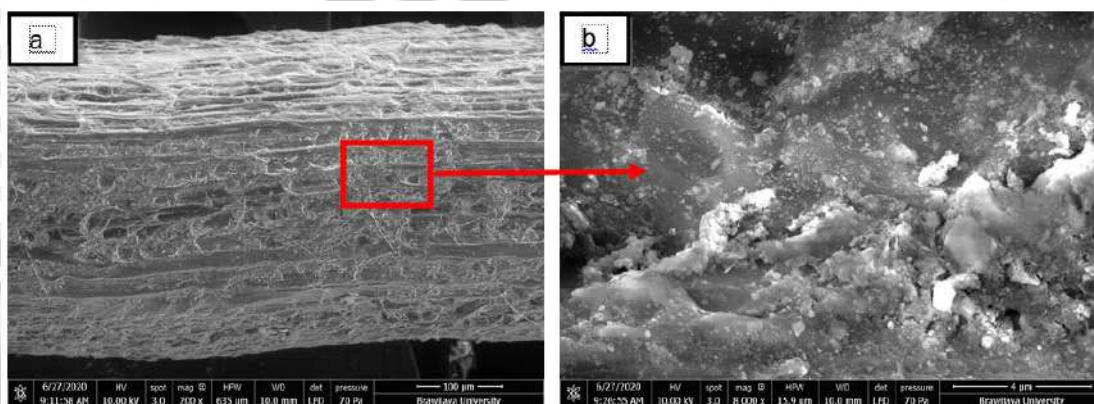
Tabel 5.4 Nilai sudut kontak dan energi permukaan

No	Lama Perendaman	Kode	Sudut kontak (air distilasi)	Sudut kontak (ethylene glycol)	Dispersi on (mJ/m ²)	Polarity (mJ/m ²)	Energi permukaan (mJ/m ²)
1	TP	UT	71,89	70,76	1,21	35,56	36,77
2	4 Jam	T4H	69,37	68,23	1,27	37,90	39,17
3	8 Jam	T8H	68,54	68,23	1,02	39,72	40,74
4	12 Jam	T12H	69,67	69,46	0,96	38,78	39,74
5	16 Jam	T16H	70,32	69,76	1,05	37,73	38,78
6	20 Jam	T20H	70,43	70,21	0,95	38,05	38,99

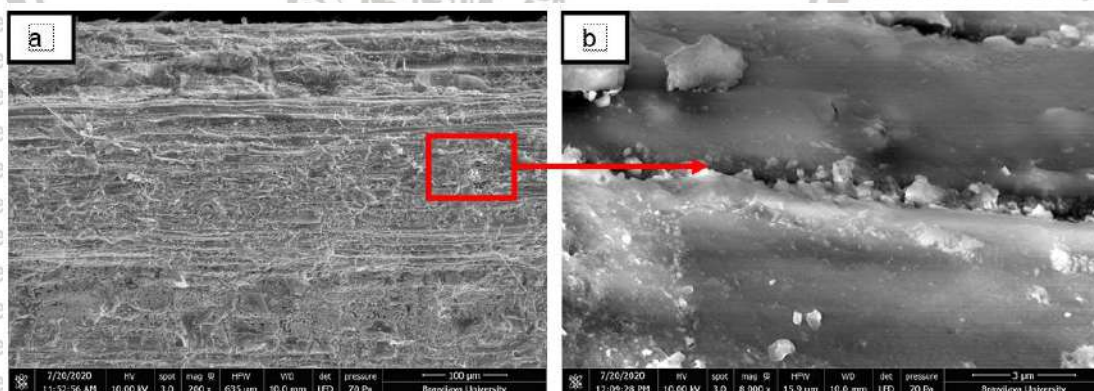
Penghapusan komponen lignin T8H menyebabkan peningkatan polaritas dari 35,56 menjadi 39,72 mJ/m² dan pada energi permukaan dari 36,77 hingga 40,74 mJm².

Air batu kapur menjadikan permukaan serabut bersih dan energi permukaan meningkat. Peningkatan tersebut disebabkan oleh reaksi antara air batu kapur dan serabut kelapa.

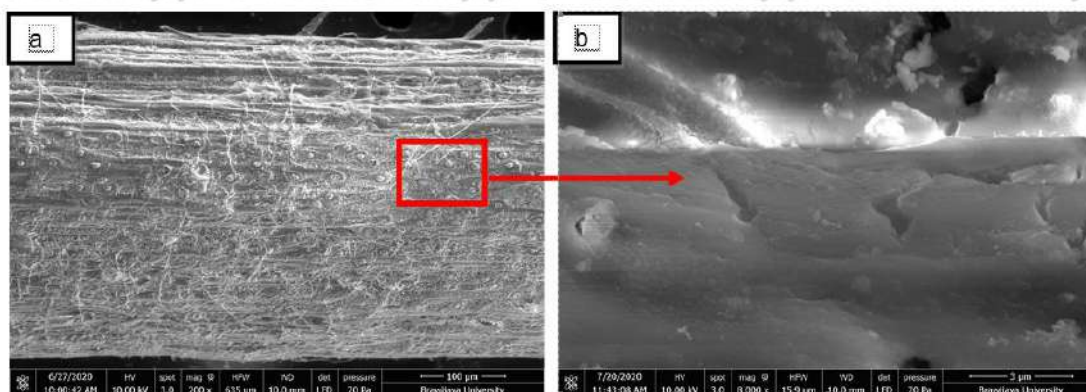
Energi permukaan tertinggi sebesar 40,74 mJ/m² diperoleh setelah perlakuan perendaman air batu kapur. Gambar 5.21 – 5.26 memperlihatkan morfologi permukaan serabut sebelum dan setelah perlakuan perendaman.



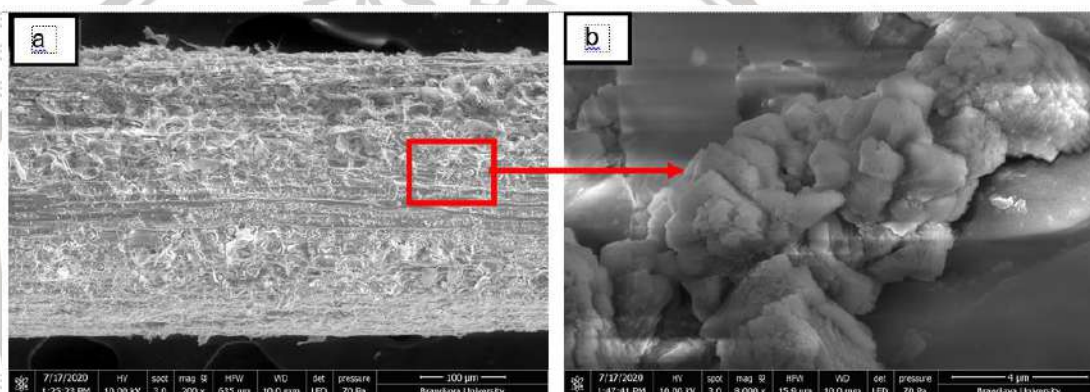
Gambar 5.21 Menunjukkan UT, (a) permukaan kelapa, (b) SEM dari heterogenitas penampang kelapa



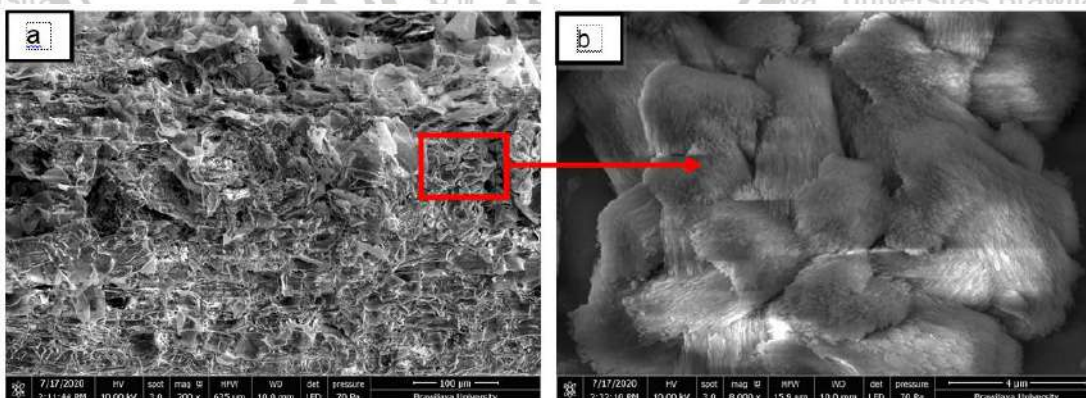
Gambar 5.22 Menunjukkan T4H, (a) permukaan kelapa, (b) SEM dari heterogenitas penampang kelapa



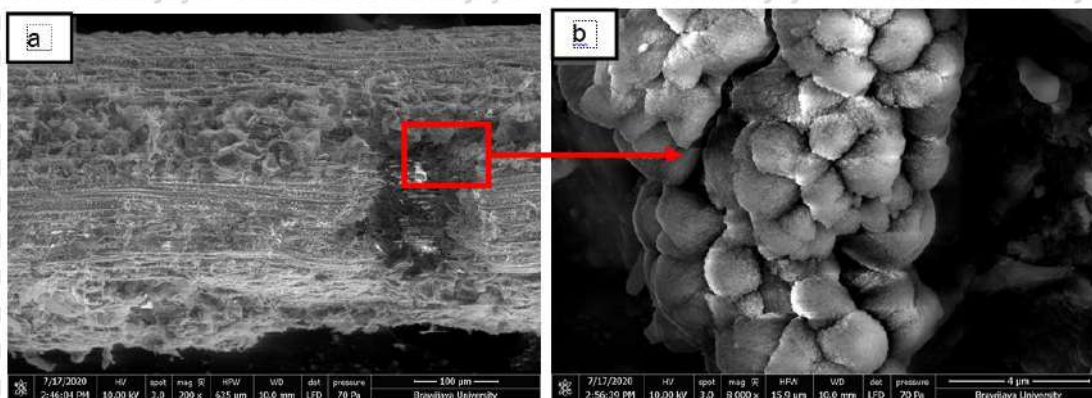
Gambar 5.23 Menunjukkan T8H, (a) permukaan kelapa (b) SEM dari heterogenitas penampang kelapa



Gambar 5.24 Menunjukkan T12H, (a) permukaan kelapa, (b) SEM dari heterogenitas penampang kelapa



Gambar 5.25 Menunjukkan T16H, (a) permukaan kelapa, (b) SEM dari heterogenitas penampang kelapa



Gambar 5.26 Menunjukkan T20H, (a) permukaan kelapa, (b) SEM dari heterogenitas penampang kelapa

Morfologi permukaan serabut tanpa perlakuan ditampilkan dalam gambar 5.21. Gambar tersebut memperlihatkan permukaan yang kotor. Permukaan tersebut mengindikasikan terdapat unsur pengotor lignin, pektin, maupun pengotor lainnya. Gambar 5.22 menunjukkan permukaan yang lebih bersih bila dibandingkan dengan gambar 5.21, hal tersebut menunjukkan pada perendaman serabut selama 4 jam terjadi degradasi terhadap lignin maupun pengotor lainnya. Gambar 5.23 menunjukkan permukaan yang lebih bersih bila dibandingkan dengan gambar lainnya, hal tersebut menunjukkan pada perendaman 8 jam permukaan serabut yang mengandung lignin mampu dibersihkan.

Gambar 5.24-5.26 menunjukkan permukaan serabut yang mulai terjadi gumpalan-gumpalan kotoran, hal ini menunjukkan bahwa serabut yang terlalu lama mengalami perendaman mengalami kerusakan permukaan.

5.8. Pull Out (Tegangan Geser)

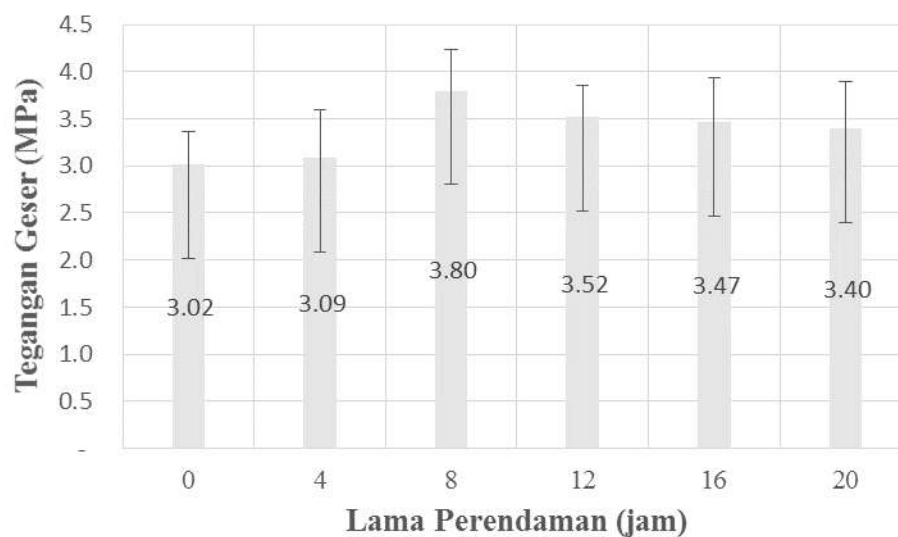
Hasil pengujian kekuatan geser serabut kelapa dengan matriks polyester ditampilkan pada gambar 5.27. Nilai kekuatan geser serabut tanpa perlakuan yaitu 3,02 MPa, sedangkan serabut dengan perlakuan 4 jam dan 8 jam masing-masing 3,09 MPa dan 3,80 MPa. Kekuatan geser serabut mengalami penurunan pada variasi lama perendaman 12 jam, 16 jam, dan 20 jam yaitu 3,52 MPa; 3,47 MPa, dan 3,40 MPa.

Variasi perendaman 8 jam memiliki kekuatan geser yang maksimal, hal ini disebabkan permukaan serabut yang bersih, kandungan lignin yang berkurang. Sehingga menyebabkan ikatan antara serabut dan matriks bisa maksimal. Variasi 12 jam dan seterusnya mengalami penurunan kekuatan geser, hal ini disebabkan permukaan

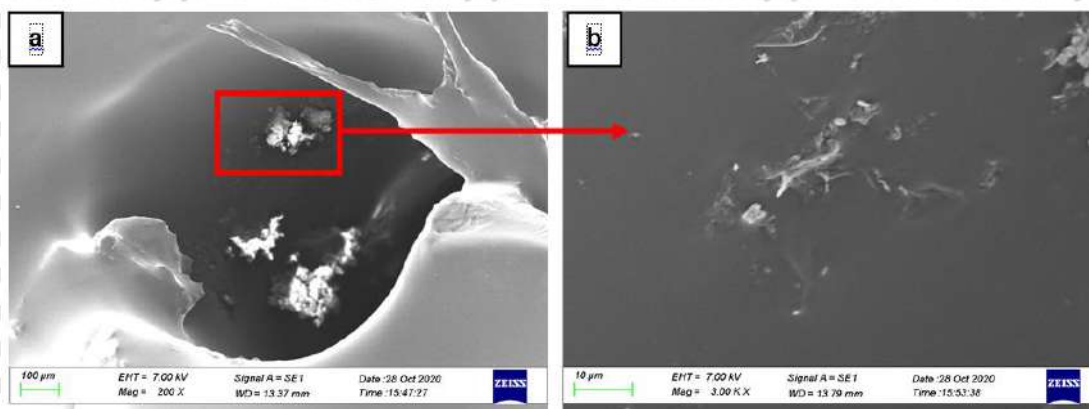
serabut yang sudah mengalami degradasi yang besar. Degradasi serabut akibat perendaman air batu kapur yang terlalu lama menyebabkan permukaan serabut rusak dan kandungan selulosa juga menurun.



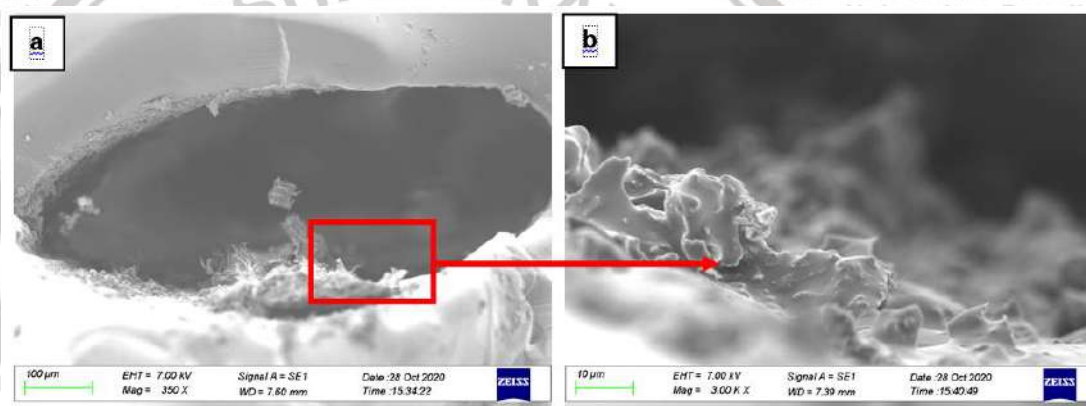
Gambar 5.27 Sampel pengujian *pull-out*



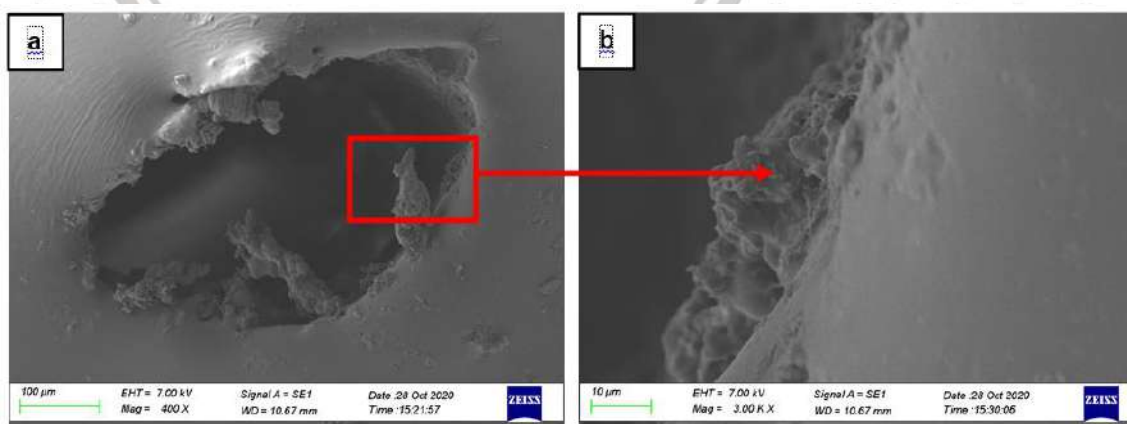
Gambar 5.28 Hubungan antara lama perendaman dan tegangan geser



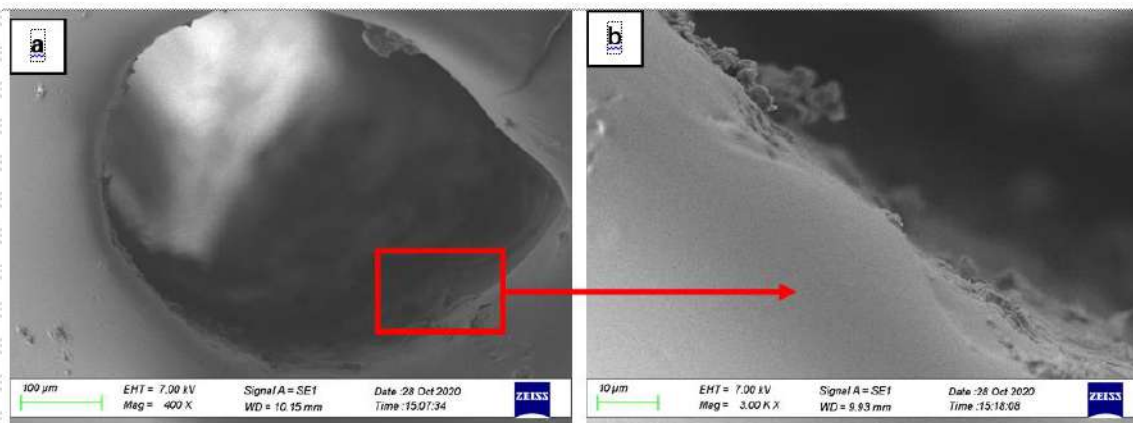
Gambar 5.29 SEM serabut kelapa terlepas dari matriks UT, (a) permukaan matriks lubang lepas serabut kelapa, (b) permukaan penampang heterogenitas matriks.



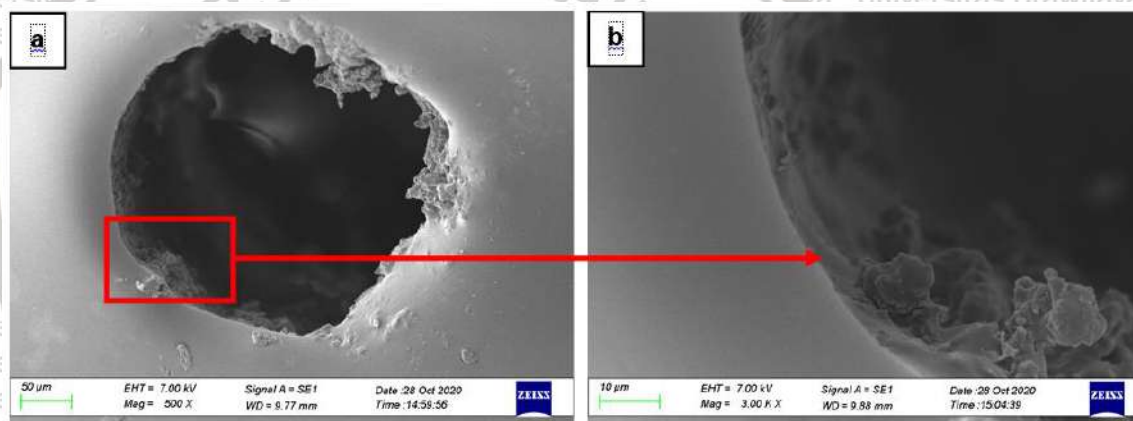
Gambar 5.30 SEM serabut kelapa terlepas dari matriks T4H, (a) permukaan matriks lubang lepas serabut kelapa, (b) permukaan penampang heterogenitas matriks.



Gambar 5.31 SEM serabut kelapa terlepas dari matriks T8H, (a) permukaan matriks lubang lepas serabut kelapa, (b) permukaan penampang heterogenitas matriks.

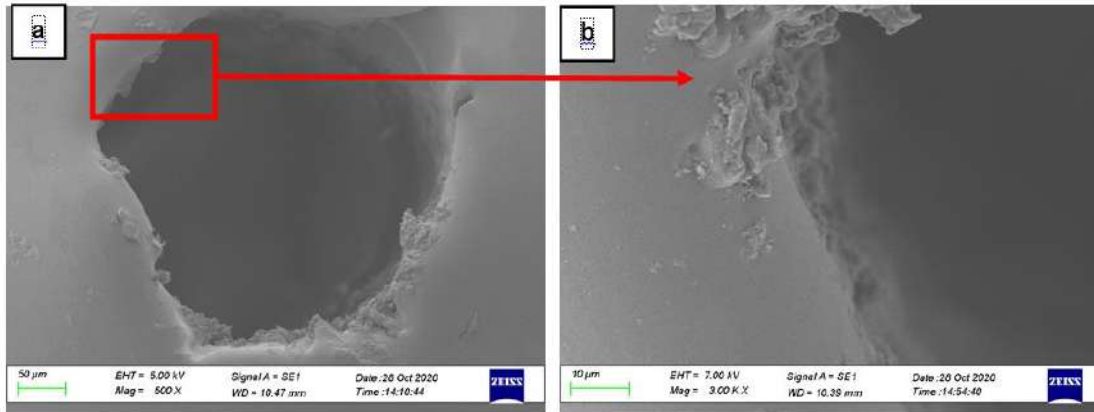


Gambar 5.32 SEM serabut kelapa terlepas dari matriks T12H, (a) permukaan matriks lubang lepas serabut kelapa, (b) permukaan penampang heterogenitas matriks.



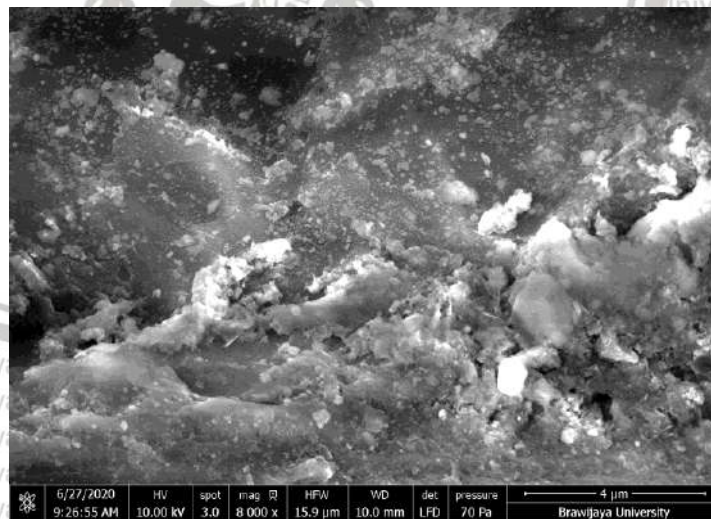
Gambar 5.33 SEM serabut kelapa terlepas dari matriks T16H, (a) permukaan matriks lubang lepas serabut kelapa, (b) permukaan penampang heterogenitas matriks.

Gambar 5.29 menunjukkan hasil SEM pengujian kekuatan geser serabut tanpa perlakuan, menunjukkan serabut yang terjabut pada matriks. Gambar tersebut menunjukkan serabut terlepas pada matriks, kelihatan bersih. Hal seperti itu menunjukkan ikatan serabut dan matriks kurang baik.



Gambar 5.34 SEM serabut kelapa terlepas dari matriks T4H, (a) permukaan matriks lubang lepas serabut kelapa, (b) permukaan penampang heterogenitas matriks.

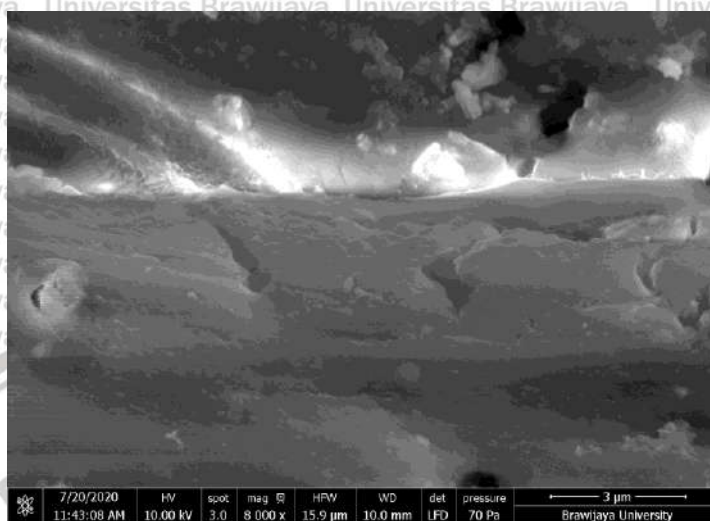
Gambar 5.30 dan 5.31 menunjukkan serabut yang terlepas pada matriks, menunjukkan bekas serabut yang masih menempel pada matriks, hal tersebut menunjukkan bahwa ikatan serabut dan matriks terjadi ikatan yang baik. Hal tersebut disebabkan permukaan serabut yang bersih serta beralur, sehingga matriks dapat mengikat dengan baik.



Gambar 5.35 Permukaan serabut kelapa tanpa perlakuan

Pada gambar 5.32 menunjukkan permukaan serabut dengan tanpa perlakuan perendaman, gambar menunjukkan permukaan yang kelihatan kotor. Permukaan serabut diindikasikan masih banyak terdapat lignin atau unsur pengotor lainnya. Permukaan tersebut jika berinteraksi dengan matriks, matriks tidak bisa mengikat

dengan baik. Hal ini dikarenakan permukaan serabut dan matriks masih terdapat lignin sebagai dinding pemisah.



Gambar 5.36 Permukaan serabut kelapa, lama perendaman 8 jam

Pada gambar 5.32 menunjukkan permukaan serabut dengan perlakuan perendaman 8 jam, menunjukkan permukaan yang bersih, beralur, dan terdapat rongga. Permukaan serabut tersebut, menjadikan ikatan antara serabut dan matriks menjadi lebih baik. Gambar 5.34 - 36 menunjukkan serabut yang terlepas dari matriks polyester, gambar menunjukkan terlepasnya serabut dan kelihatan bersih. Gambar tersebut menunjukkan ikatan serabut dan matriks kurang baik. Hal ini dimungkinkan permukaan serabut yang mulai rusak karena terlalu lama mengalami perendaman.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Hasil penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a. Perlakuan perendaman kelapa dalam larutan air batu kapur mampu membersihkan permukaan serabut. Analisis kimiawi, XRD, dan FTIR menunjukkan hilangnya material amorf. Analisis FTIR menunjukkan bahwa serabut tanpa perlakuan masih menunjukkan lignin dan hemiselulosa, sedangkan serabut dengan perlakuan perendaman air batu kapur menunjukkan serabut yang lebih bersih. Perlakuan ini, menunjukkan bahwa dengan merendam serabut kelapa dalam air batu kapur dapat mengurangi kandungan hemiselulosa dan lignin.
- b. Perendaman serabut kelapa selama 8 jam dengan konsentrasi massa batu kapur 5%, kekuatan tarik, kebasahan, dan tegangan geser serabut meningkat. Pada proses perendaman tersebut terjadi peningkatan kekuatan tarik, dimana lignin bereaksi dengan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sehingga menjadi Ca^+ dan OH^- . Ion OH^- bereaksi dengan gugus H pada lignin membentuk H_2O . Perlakuan tersebut menyebabkan gugus O bereaksi dengan Ca^+ dan ikut larut dalam larutan basa sehingga lignin berkurang. Berkurangnya prosentase komponen hemiselulosa dan lignin akan meningkatkan prosentase selulosa. Larutan air batu kapur yang unsur utama Ca (alkali dengan kekuatan sedang) masuk dalam struktur serat, selanjutnya bereaksi dengan air yang berada didalam serat. Reaksi tersebut mengakibatkan terbentuknya gugus serabut O-Ca sehingga serabut lebih bersifat hidrofilik. Pengujian *wettability* terjadi peningkatan energi permukaan dan menurunnya sudut kontak, hal tersebut menunjukkan bahwa antara matriks dan serabut terjadi ikatan yang baik. Penetrasi matriks dapat menembus ke dalam yang menyebabkan ikatan antara matriks dan serabut menjadi lebih baik, yang menjadikan kekuatan geser atau *pull out* meningkat.

6.2. Saran

Untuk meningkatkan kualitas penelitian yang baik perlu dilakukan kedepan antara lain :

- a. Jumlah sampel perlu ditingkatkan, hal ini dikarenakan untuk serabut alam sangat bervariasi, baik ukuran dimensi maupun kualitasnya.
- b. Ketelitian pengukuran perlu ditingkatkan, hal ini dikarenakan dimensi serabut alam bentuknya tidak beraturan.



DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, Muhammad, and I Nyoman Gede Wardana. 2015. "The Morphology of Coconut Fiber Surface under Chemical Treatment." : 169–77.
- Ayu, Mailinda, Hana Margareta, Abdulloh Fuad, and Siti Alfiah Ilimiawati. 2015. "BERBASIS BATU KAPUR I. 5(1): 15–20.
- Barani, Hossein, Aminoddin Haji, and Homa Maleki. 2018. "Analysis of Lecithin Treatment Effects on the Structural Transformation of Wool Fiber Using Vibrational Spectroscopy." *International Journal of Biological Macromolecules* 108: 585–90.
- Belgacem, Mohamed Naceur, and Alessandro Gandini. 2005. "The Surface Modification of Cellulose Fibres for Use as Reinforcing Elements in Composite Materials." *Composite Interfaces* 12(1–2): 41–75.
- Bessadok, A. et al. 2009. "Study of Water Sorption on Modified Agave Fibres." *Carbohydrate Polymers* 76(1): 74–85.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.09.033>.
- Bledzki, A. K., and J. Gassan. 1999. "Composites Reinforced with Cellulose Based Fibres." *Progress in Polymer Science (Oxford)* 24(2): 221–74.
- Bordoloi, Sanandam et al. 2018. "Measurement of Mechanical Characteristics of Fiber from a Novel Invasive Weed: A Comprehensive Comparison with Fibers from Agricultural Crops." *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation* 113(May 2017): 62–70.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2017.08.044>.
- Bracco, Gianangelo, and Bodil Holst. 2013. 51 Springer Series in Surface Sciences *Surface Science Techniques*.
- Elhamdouni, Yassine et al. 2015. "Effect of Fiber Alfa on Thermophysical Characteristics of a Material Based on Clay." *Energy Procedia* 74: 718–27.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.807>.
- Fauzi, Rachmad. 2017. *DEPARTEMEN KIMIA*.
- French, Roger H. 2000. "Origins and Applications of London Dispersion Forces and Hamaker Constants in Ceramics." *Journal of the American Ceramic Society* 83(9): 2117–46.
- Graupner, Nina. 2008. "Application of Lignin as Natural Adhesion Promoter in Cotton Fibre-Reinforced Poly (Lactic Acid) (PLA) Composites." : 5222–29.
- Hojjati, Nafiseh, and Balakrishnan Muniandy. 2014. "The Effects of Font Type and Spacing of Text for Online Readability and Performance." 5(2): 161–74.
- John, Maya Jacob, and Rajesh D Anandjiwala. 2008. "Recent Developments in Chemical

Modification and Characterization of Natural Fiber-Reinforced Composites.”

Kabir, M. M., H. Wang, K. T. Lau, and F. Cardona. 2013. “Effects of Chemical Treatments on Hemp Fibre Structure.” *Applied Surface Science* 276: 13–23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.02.086>.

Khusairy, Muhammad, Bin Bakri, Elammaman Jayamani, and Sinin Hamdan. 2017. “ScienceDirect Processing and Characterization of Banana Fiber / Epoxy Composites : Effect of Alkaline Treatment.” *Materials Today: Proceedings* 4(2): 2871–78.

Madhu, P. et al. 2019. “A Review on Synthesis and Characterization of Commercially Available Natural Fibers: Part II.” *Journal of Natural Fibers* 16(1): 25–36. <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1379045>.

Mardin, H. et al. 2016. “Effect of Sugar Palm Fiber Surface on Interfacial Bonding with Natural Sago Matrix.” *Advances in Materials Science and Engineering* 2016.

Masyhuri, Aris Prasetya, Ary Mustofa Ahmad, and Gunomo Djojowasito. 2013. “Rancang Bangun Sistem Penyerap Karbon Dioksida (CO₂) Pada Aliran Biogas Dengan Menggunakan Larutan Ca (OH)₂ Design of Sorbent System of Carbon Dioxide (CO₂) in Biogas Flow Using Ca (OH)₂ Solution.” 1(1): 19–28.

Onuaguluchi, Obinna, and Nemkumar Banthia. 2016. “Plant-Based Natural Fibre Reinforced Cement Composites: A Review.” *Cement and Concrete Composites* 68: 96–108. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2016.02.014>.

Orue, A. et al. 2015. “The Effect of Surface Modifications on Sisal Fiber Properties and Sisal/Poly (Lactic Acid) Interface Adhesion.” *Composites Part B: Engineering* 73: 132–38. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2014.12.022>.

Owens, D.K., and Wendt. 1969. “Estimation of the Surface Free Energy of Polimers.” 13: 1741–47.

Palungan, Musa Bondaris, Rudy Soenoko, Yudy Surya Irawan, and Anindito Purnowidodo. 2017. “The Effect of Fumigation Treatment towards Agave Cantala Roxb Fibre Strength and Morphology.” *Journal of Engineering Science and Technology* 12(5): 1399–1414.

Pietak, Alexis M., Joel W. Reid, Malcom J. Stott, and Michael Sayer. 2007. “Silicon Substitution in the Calcium Phosphate Bioceramics.” *Biomaterials* 28(28): 4023–32.

Pojoh, Broerie. 2017. “Pengaruh Perendaman Dalam Air Sungai Dan Air Laut Terhadap Daya Tahan Tulangan Bambu Petung Asal Tomohon.” *Jurnal Penelitian Teknologi Industri* 9(1): 37.

Ponorogo, Statistik. 2017. “Indonesia, Negara Produsen Kelapa Terbesar Di Dunia.” *Data on natural resource potential of Ponorogo Regency*: 2016.

databooks.katadata.co.id/datapublish/2017/01/06/indonesia-negara-produsen-kelapa-terbesar-di-dunia.

Raharjo. 2017. *Seminar Nasional Metalurgi Dan Material*.

Raharjo, Wahyu Purwo, Rudy Soenoko, Anindito Purnowidodo, and Moch Agus Choiron. 2018. "Experimental and Micromechanical Modelling of Randomly Oriented Zalacca Fibre/Low-Density Polyethylene Composites Fabricated by Hot-Pressing Method." *Cogent Engineering* 5(1): 1–14. <https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1518966>.

Rowell, R. M. 2008. "Natural Fibres: Types and Properties." *Properties and Performance of Natural-Fibre Composites*: 3–66.

Sari, Nasmī Herlina et al. 2017. "Characterization of the Chemical, Physical, and Mechanical Properties of NaOH-Treated Natural Cellulosic Fibers from Corn Husks Characterization of the Chemical, Physical, and Mechanical Properties of NaOH-Treated Natural Cellulosic Fibers from Corn H." *Journal of Natural Fibers* 00(00): 1–14.

Sawpan, Moyeenuddin A., Kim L. Pickering, and Alan Fernyhough. 2011. "Effect of Various Chemical Treatments on the Fibre Structure and Tensile Properties of Industrial Hemp Fibres." *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 42(8): 888–95. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2011.03.008>.

Schulz-Ekloff, Günter, Dieter Wöhrle, Bast van Duffel, and Robert a. Schoonheydt. 2002. "Chromophores in Porous Silicas and Minerals: Preparation and Optical Properties." *Microporous and Mesoporous Materials* 51(2): 91–138. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1387181101004553> <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1387181101004553>.

Sever, K et al. 2011. "Oxygen Plasma Treatments of Jute Fibers in Improving the Mechanical Properties of Jute / HDPE Composites." *Materials Chemistry and Physics* 129(1–2): 275–80.

Siad, Hocine et al. 2015. "Influence of Limestone Powder on Mechanical, Physical and Self-Healing Behavior of Engineered Cementitious Composites." *Construction and Building Materials* 99: 1–10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.09.007>.

Sun, Ye, and Jiayang Cheng. 2002. "Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production: A Review Q." 83: 1–11.

Supeni, Guntarti, Deden D Eris, and Agustina Arianita Cahyaningtyas. 2018. "BIODEGRADABILITY OF CASSAVA EDIBLE BIOPLASTICS IN LANDFILL AND PLANTATION SOIL." 40(2): 129–40.

Suriani, Efa. 2018. "Kajian Terhadap Variasi Metode Dan Bahan Pengawet Pada Proses

Pengawetan Bambu-Kayu Di Indonesia.” *EMARA: Indonesian Journal of Architecture* 4(1): 54–64.

Suryanto, Heru, Eko Marsyahyo, Yudy Surya Irawan, and Rudy Soenoko. 2014. “Effect of Alkali Treatment on Crystalline Structure of Cellulose Fiber from Mendong (Fimbristylis Globulosa) Straw.” *Key Engineering Materials* 594–595: 720–24.

Suyanto, Heru. 2016. “Review Serat Alam : Komposisi, Struktur, Dan Sifat Mekanis.” *October* (October): 14.

Tserki, V., N. E. Zafeiropoulos, F. Simon, and C. Panayiotou. 2005. “A Study of the Effect of Acetylation and Propionylation Surface Treatments on Natural Fibres.” *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 36(8): 1110–18.

Wielage, B. et al. 1999. “Thermogravimetric and Differential Scanning Calorimetric Analysis of Natural Fibres and Polypropylene.” *Thermochimica Acta* 337(1–2): 169–77.

Yunus, Ridhayani, Husain Syam, and Jamaluddin P. Jamaluddin P. 2018. “Pengaruh Persentase Dan Lama Perendaman Dalam Larutan Kapur Sirih $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap Kualitas Keripik Pepaya (*Carica Papaya L.*) Dengan Vacuum Frying.” *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian* 3: 221.

PUBLIKASI

1. Nama jurnal : Journal of Southwest Jiaotong University
Judul artikel : The Effect of Immersion Time of Coconut Fiber in Limestone Water on Tensile Strength and Surface Morphology.
Tahun: 2020 | Volume: 55 | Nomor: 3
Halaman awal: 1 | akhir: 13
URL artikel: <http://www.jsju.org/index.php/journal/article/view/642>
DOI: 10.35741/issn.0258-2724.55.3.52
2. Nama Jurnal : Eastern-European Journal of Enterprise Technologies
Judul artikel : Effect of coconut fiber treatment with limestone water media on the fiber surface, wettability, and interface shear strength
Tahun : 2021 / Volume 1 No. 6(109) 2021
Halaman : 48 -56
URL artikel : <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/217730>
DOI: 10.15587/1729-4061.2021.217730
3. Nama Jurnal : IOP Conference Series: Materials Science and Engineering
Judul artikel : Effect of limestone mass concentration on tensile strength and surface morphology of coconut fiber
Tahun : 2021
Halaman : 1-7
URL artikel : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1034/1/012168>
DOI :10.1088/1757-899X/1034/1/012168

LAMPIRAN



The development of technology has increased the need for composite materials, where the technology of composite materials with natural fiber reinforcement is growing. The existence of natural fiber is very abundant, and it has not been fully utilized. Until now, the use of coconut fiber was still limited to the furniture and household handicraft industries. Coconut coir fiber has the potential as a raw material for composite materials. The lack of strength of the bonds is due to the hydrophobic fiber, and the fiber surface is less rough, and dirty. This study evaluates the coir surface characteristic of the fiber and its bounding with the polyester matrix after being treated by limestone water. The scanning electron microscope was used for observing fiber surfaces and surface matrix. The wettability test to observe fiber surface energy was performed. Interface shear strength to evaluate the bonds between fibers and matrix was determined. Coconut coir fibers were immersed in limestone water, with a 5 % percentage of limestone and time variations of 0, 4, 8, 12, 16, and 20 hours. The scanning microscope electron observations of fibers show that the fiber surface tends to be clean, rough, and grooved. The highest surface energy was obtained at 40.74 mN/m during the limestone water immersion for 8 hours. The highest value of the interface shear strength between the fiber and the matrix is 3.80 MPa during 8-hour immersion, 0, 4, 12, 16, and 20-hour immersion, respectively, 3.02, 3.09, 3.52, 3.47, and 4.40 MPa. The results showed that coir fiber with limestone water immersion for 8 hours had a clean, rough, and grooved surface so that the bond between the fiber and matrix was better. This research shows that limestone water can be used as a fiber treatment medium which was natural

Keywords: limestone, coconut fiber, immersion, surface fiber, wettability, interfacial shear strength

Received date 04.12.2020

Accepted date 19.01.2021

Published date 08.02.2021

1. Introduction

Currently, the technical materials used in the industry are still very dependent on metals, but other engineering materials are starting to be considered substitutes for metal. The engineering materials that will be developed are composite materials. Composite materials consist of two types, namely particle composite materials, and fiber composite materials. Fiber composite material consists of fibers bound by a matrix; there are two kinds of forms, namely long fibers and short fibers. Fiber composites in the industrial world began to be developed instead of using particle materials. Fiber composite materials have the main advantages of being healthy, challenging, and resistant to heat inside the matrix [1]. Fiber composite materials have many advantages, including light weight, higher strength, corrosion resistance, and lower assembly costs due to a reduced number of components and connecting bolts [2].

Some of the composite parts are reinforcement that serves as the primary load bearer on the composite. Fiber generally consists of two types, namely natural fibers, and synthetic fibers. Natural fibers are fibers that can be obtained directly from nature, usually fibers that can be

EFFECT OF COCONUT FIBER TREATMENT WITH LIMESTONE WATER MEDIA ON THE FIBER SURFACE, WETTABILITY, AND INTERFACE SHEAR STRENGTH

Sutrisno

Doctoral Student in Mechanical Engineering*

E-mail: sutrisno@unmer-madiun.ac.id

Rudy Soenoko

Professor in Mechanical Engineering*

E-mail: rudysoen@ub.ac.id

Yudy Surya Irawan

Doctor of Engineering, Assistant Professor*

E-mail: yudysir@ub.ac.id

Teguh Dwi Widodo

Doctor of Engineering, Assistant Professor*

E-mail: widodoteguhdwi@ub.ac.id

Copyright © 2021. Sutrisno, Rudy Soenoko, Yudy Surya Irawan, Teguh Dwi Widodo

This is an open access article under the CC BY license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

obtained directly from plants and animals. These fibers have been widely used, including cotton, wool, silk, banana fronds, coconut husk, palm fiber, bamboo, pineapple and, kenaf, or burlap. Natural fibers have a weakness; namely, the size of the fiber is not uniform; the strength of the fiber is greatly influenced by age [3]. The existence of coconut trees in Indonesia is very abundant [4].

Coconut fruit consists of fruit and skin, whereas coconut skin consists of fiber and flesh. Coconut coir fiber contains three main elements, they are cellulose, hemicellulose, and lignin. Lignin is a fiber impurity element, which causes it to be difficult to bond automatically. The coconut coir fibers need to be treated to reduce the lignin content of the fibers and have good quality [5]. Chemical treatment can include central degradation of the fiber, which can result in surface damage, thereby decreasing the mechanical properties of the thread. As a result, there is a need for a treatment that can clean the thread without destructing the cellulose.

The characteristics of natural fibers are pretentious by the processing and treatment of textures. Some of the treatments used can comprise chemical treatment or natural treatment with natural substances, and some chemical treatments contain alkali treatment [2, 5, 6].

Therefore, studies devoted to determining the effect of limestone water immersion on the properties of coconut fiber are of scientific relevance.

2. Literature review and problem statement

The mechanical properties of the composite material are influenced by several things, including bonding with the matrix. The bond between the fibers and the matrix is influenced by several factors, including the type of matrix, the type of fiber (fiber content and fiber surface). Several studies have used natural ingredients (sea water) and chemical sodium hydroxide (NaOH) and aminoethyl aminopropyl tri-methoxy silane (AAMS) as fiber processing media.

The main content of coconut fibers is cellulose, hemicellulose, and lignin [6, 7]. The strength or ductility of the composite can be obtained by increasing the bond between the fiber surface and the matrix. Composite properties are determined by the compatibility of natural fibers with the matrix. Natural fibers have hydrophilic properties, the surface of natural fibers also has impurities and other substances that can affect the strength of the fiber bond with the matrix. Treatment of natural fibers with chemicals with NaOH for 3 hours with a concentration of 5, 10, 15, and 20 % resulted in a rough fiber surface, decreased crystallinity index and increased bonding between fibers and matrices [8].

Increasing the mechanical properties of natural fibers in the manufacture of composites, alkaline treatment and heat treatment of kenaf fiber were carried out. Compared with other heat treatment temperatures, the tensile strength of kenaf fiber at 140 °C reaches the maximum value, which can be attributed to the increase in the crystallinity index of the fiber after heat treatment. The results showed that the fracture strain treated with alkaline was better. The treatment then causes a decrease in the crystallinity and loosely bound structure of the fibers. This treatment results in a higher elongation at break in the treated fiber [9].

Treatment of elephant fiber with NaOH solution (weight fraction composition of 2 % and 5 %). The elephant grass fibers were analyzed by chemical methods, FTIR, and ¹³C NMR solid-state. NaOH solution and the effect of alkaline treatment on the composition and structure of the fibers were studied. The alkaline treatment removes the amorphous hemicellulose component from the fiber to a greater extent. Fiber morphology before and after alkaline treatment was observed by a scanning electron microscope. The fibers become thin with a rough surface, and the cell structure collapses after the alkaline treatment and shows higher tensile properties [10].

Cellulose fibers have significant importance and potential for polymer reinforcement. It was very important to modify the fiber surface to get an excellent fiber-matrix interface. Surface treatment can increase the surface roughness of the fibers, change their chemical composition, and introduce new parts that can effectively interlock with the matrix, resulting in good mechanical properties of the composites. This was mainly due to the increased adhesion of the fiber matrix. The treatment can also reduce the water absorption rate by converting the hydroxyl groups on the fiber surface into other functional groups. Chemical modification of the surface of the regenerated cellulosic fibers of the lyocell type was carried out by alkaline and silane treatment, which significantly changed the properties of the lyocell

fibers. Three parameters were considered when fiber surface treatment was performed: concentration (2–15 wt %), temperature (25 °C and 50 °C) and time (30 min–72 hours). Fourier transform infrared spectroscopy, and spectroscopy were used for chemical analysis and qualitative analysis of cellulose crystallinity due to surface treatment. The mechanical strength of the fiber is tested by a tensile test. Mass reduction, moisture recovery and fiber measurements were carried out before and after treatment, which showed significant changes in fiber properties during treatment. The fiber heat capacity is measured for untreated and treated fibers, and the thermal degradation of the fibers was checked for fiber stability at high temperatures. The increased wetness and surface energy were measured by the dynamic contact angle method on three wetting media. Scanning electron microscopy (SEM) was used to study the morphological properties of fibers [11].

The fiber from the *Cissus quadrangular* plant and all parts of this plant can be used in many applications. The textile industry uses a lot of plant fibers for various applications obtained from many resources. The advantages of natural fibers were their sustainable supply, easy and safe handling, and their biodegradability. The use of enzymes in the textile industry approves the development of environmentally friendly technologies in fiber processing and tactics to improve the quality of the final product. Natural cellulose fibers were extracted from the *Cissus quadrangular* plant using an environmentally friendly method (amylase enzyme). Physico-chemical, thermal and mechanical properties of *Cissus quadrangular* fibers have been reported in this paper. Furthermore, the property of CQSF ensures that CQSF can play a significant role in the material manufacturing industry [12].

Cornhusk fiber has been extracted by the alkalization process at different alkaline concentrations and treatment times. The effect of extraction process parameters on the physical properties, mechanical properties and thermal resistance characteristics of the corn husk fiber was investigated. The chemical structure of the fibers was studied by measuring infrared spectroscopy. The average length, linear density and moisture content of the extracted fibers decreased with increasing concentration and duration of bases. The breaking force decreases with increasing base concentration. Increasing the treatment duration for all concentration levels increases the breaking force, ductility, and initial modulus up to a point and then decreases it for a longer duration. The highest tensile performance can be obtained from 5–10 g/L of NaOH treatment for 60–90 minutes. Alkalization under harsher conditions results in higher thermal resistance up to 320 °C with a higher cellulose fraction, but lower resistance above this temperature. FTIR spectrum analysis proved higher cellulose but lower hemicellulose and lignin content under harsher treatment conditions. The marginal effect of the concentration decreases for higher concentrations, which indicates that the sites available for the chemical reaction were occupied at a moderate level of concentration [13].

The effect of chemical immersion treatment on the properties of the cantal fiber and the quality of the bonding interface of the cantal fiber and recycled high-density polyethylene. The cantal fiber was treated by alkaline, silane and a combination of the two. The results showed that the loss of hemicellulose and lignin after alkaline treatment, and the presence of a silane layer on the fiber surface after silane or alkali-silane treatment, increased thermal stability, surface energy, and shear stress. The highest surface energy

of 45.37 mN/m was obtained during the alkaline treatment with a content of 2 % NaOH. Alkali-silane treatment with 0.75 wt % fraction of silane [14].

NaOH treatment on corn husk fiber with (0.5 %, 1 %, 2 %, 5 %, and 8 %) for 2 hours resulted in reduced hemicellulose and lignin and decreased water content. SEM analysis showed the presence of a rough surface and a number of lumens in the fiber bundle. Processed corn fiber shows better mechanical properties than fiberglass [15].

Mendong fiber research to determine morphology, structure, and chemistry. Physical properties of mendong fiber extracted from mendong grass (*Fimbristylis globulosa*) in the form of raw fibers and processed by chemical compounds including alkalis and functional groups and to evaluate the strength and properties of mendong fibers compared to other natural fibers. Research on mendong fiber shows that the chemical content of mendong fiber is 72.14 % cellulose, 20.2 % hemicellulose, 3.44 % lignin, 4.2 % extractive, and 4.2 %–5.2 % moisture. The mechanical properties of the fiber are of a strong character with a tensile strength of 452 MPa, and a modulus of 17 GPa. The structural properties of mendong fibers include crystallinity, crystal index, microfiber angle, and crystal size, which are 70.17 % and 58.6 %, 22.9°, and 14.3 nm. This fiber has a competitive advantage compared to other fibrous natural fibers and can be further developed as a potential strengthening of polymer matrix composites [16, 17].

The bond between the fiber and the matrix will affect its mechanical properties, where its characteristics involve fiber wetness (wettability). The wettability parameter, among others, is determined by the contact angle formed between the matrix and the fiber surface and the interfacial bonding. The adhesion between the fiber as reinforcement and the matrix greatly affects the mechanical properties of the resulting composite material [18–20]. Shear stress is obtained by modifying the chemical properties of the fiber surface to optimize the adhesion properties between the fiber and matrix [17, 21].

Characterization of pineapple leaf and coconut coir fibers for possible applications in composites. In this study, a shear stress test was carried out to compare the interface adhesion with the epoxy resin of these two fibers which have very different characteristics. The results showed a critical length of 70 % higher for coir fiber compared to pineapple leaf fiber and 3.5 times less interface strength, which indicates stronger adhesion of pineapple leaf fiber with epoxy resin. This can be confirmed by the different morphological aspects, in particular the rougher surface of the pineapple leaf fibers. Mechanical tests were carried out on a composite of coconut fiber and pineapple leaf fibers. The results show a relatively low penetration depth (18.2 mm) for coconut coir with pineapple leaf fiber composite and penetration depth (31.6 mm), both of which are considered efficient according to body protection standards [22].

Some of these papers present the results of research on fiber treatment, and the results show that treatment with chemicals produces fiber surfaces that experience excessive degradation and cause environmental pollution. Several previous studies used natural media for processing natural fibers; these media include seawater, fumigation, and vacuum processes. From several fiber processing media, it is necessary to obtain a fiber processing medium that is readily available and the availability of lots of materials. As a result, there is a need for a treatment that can fresh the line without damaging the cellulose. Natural treatment is needed to maintain the fiber surface and cellulose content.

3. The aim and objectives of the study

The aim of the study is to determine the effect of fiber immersion in limestone water on the fiber surface, wettability, and interface shear stress.

To achieve the aim, the following objectives were set:

- to determine the surface morphology of the fiber by using SEM testing;
- to determine the level of fiber wetness by testing the wettability on ASTM D7334 – 08 (2013);
- to determine the shear stress by performing a pull-out with the ASTM D5321/D5321M – 20.

4. Materials and methods to study the effect of coconut fiber treatment with limestone water media on the fiber surface, wettability, and interface shear strength

Materials:

1. Coconut Fiber.

Coconut coir was obtained from coconut farmers in Wonogiri Regency, Central Java, Indonesia. Coconut coir fiber was obtained by separating the fiber from the cork; the fiber was taken in the middle. The chemical solution used was limestone dissolved in distilled water. The limestone composition is 5 %, with variations in immersion time of 0, 4, 8, 12, 16, and 20 hours.

The variation of coconut coir treatment with variations in soaking time (0, 4, 8, 12, 16, and 20 hours), and constant variation: the mass of limestone 5 % of the fixed fraction is shown in Table 1.

Table 1
Coconut fiber treatments

No.	Notation	Immersion time (hours)	Limestone (% wt)
1	UT	0	5
2	IT4H	4	5
3	IT8H	8	5
4	IT12H	12	5
5	IT16H	16	5
6	IT20H	20	5

Notation:

- UT: Untreated specimen;
- IT4H: Immersion time of 4 hours;
- IT8H: Immersion time of 8 hours;
- IT12H: Immersion time of 12 hours;
- IT16H: Immersion time of 16 hours;
- IT20H: Immersion time of 20 hours.

Coconut fiber should be cleaned of meat and other contaminants. Coconut coir fiber in clean conditions and the immersion process of coir fiber can be seen in Fig. 1.

The coir fibers that have been immersed were washed with distilled water and dried at room temperature. The fiber wettability test was carried out by arranging the fibers in a U profile (10 fibers each). Observations were made using a microscope. The shear strength test was carried out by planting the fibers in the BQTN polyester matrix and then placing the embedded fibers on the cardboard using glue. Observation of the fiber surface was carried out with an electron microscope photo.



Fig. 1. The main signature: *a* — coconut coir fiber; *b* — coconut coir fibers soaked in a solution of limestone water

2. Limestone water

Limestone water was obtained by dissolving limestone in distilled water. The existence of limestone is very abundant and has a very abundant supply in the Java region, Indonesia.

3. Polyester resin BQTN

The polyester resin was a low viscosity liquid resin, hardens at room temperature by using a catalyst without generating gas during testing, as many other resins. The main additive is a catalyst, a type of motivation for polyester resin, namely Methyl Ethyl Ketone Peroxide (MEKPO). The trigger serves to speed up the process of resin liquid hardening.

Methodology:

- Wettability (Wettability of fiber).

Among others, the wettability parameter is determined by the contact angle formed between the matrix and the fiber surface and the interfacial bonding. A quantitative measure involving the contact angle (θ) between the fiber-matrix surfaces, namely giving a liquid that is placed on a solid surface, is shown in Fig. 2.

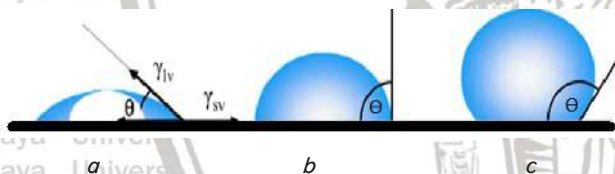


Fig. 2. The main signature illustration of the contact angle formed by liquid droplets on a surface: *a* — $\theta < 90^\circ$; *b* — $\theta = 90^\circ$; *c* — $\theta > 90^\circ$ [9]

The smaller the contact angle, the better the wettability, so that the matrix as a fiber adhesive medium must have the ability to cover the surface area of the fiber optimally. The contact angle for optimum wetting is not more than 30° . Wettability is indicated by the contact angle (θ) between the solid fiber and the liquid matrix in the form of droplets [23].

Shrink contact between matrix and fiber to observe the amount of surface energy. Surface energy occurs between the fibers and the matrix to measure their bond. Surface energy consists of polar and dispersive components [24]. The polar component occurs due to the interaction of dipolar and dispersive due to the Van Der Waals forces between the material molecules [25]. Surface energy is measured by calculating the contact angle of polar and non-polar fluids on the surface of the fiber. Polar and non-polar fluids are distilled water and ethylene glycol.

- Interfacial shear strength (pull out).

The fibers are embedded in a matrix and are pulled apart, as shown in the figure. The interfacial shear strength is highly dependent on the quality of the bonds between the fibers/matrix.

The schematic of the shear stress test for coconut coir grown in a matrix with a depth of 3 mm is shown in Fig. 3.

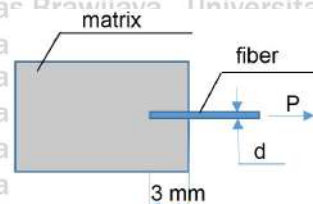


Fig. 3. Interfacial shear strength mechanism [26]



Fig. 4. Samples of interfacial shear strength

The longitudinal tensile force on the fibers will produce shear in the fiber/matrix interface. When the fibers are pulled apart from the matrix, the interfacial shear strength occurs between the fibers/matrix.

5. Results of the effect of surface modification of coconut fibers on wettability and interface shear strength with the matrix

5.1. Results of the fiber surface morphology

The results of the fiber content test showed that the cellulose content in the process of immersing the fibers in the limestone water solution for 8 hours was 36.99 %. These results have a higher percentage value compared to the pre-treatment and other immersion processes.

The chemical composition of coconut coir before and after treatment is presented in Table 2.

Table 2

The constituent content of fiber (wt %) present in the treated fibers

Notation	Immersion Time	Composition (weight)		
		Hemicellulose (%)	Alfa Cellulose (%)	Lignin (%)
UT	Untreated specimen	66.31	33.89	35.72
T4H	4 Hours	60.05	34.27	36.24
T8H	8 Hours	60.76	36.99	34.84
T12H	12 Hours	59.23	32.06	33.40
T16H	16 Hours	59.59	23.44	34.80
T20H	20 Hours	57.38	22.65	34.25

The SEM test results of the coconut coir fiber surface, the fiber by soaking for 8 hours showed the results of the fiber surface that was cleaner. The fiber surface is 8 hours cleaner than the untreated and other treated fibers.

The surface morphology of the fibers before and after the immersion treatment is shown in Fig. 5–10.

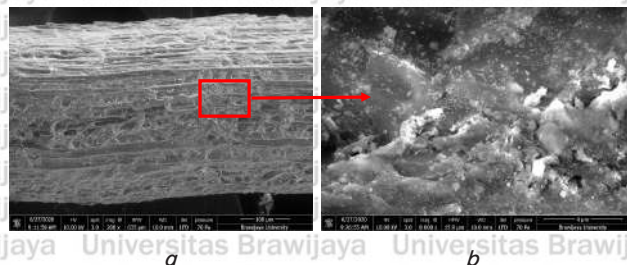


Fig. 5. The main signature indicates UT: *a* – coconut coir surfaces; *b* – SEM of the heterogeneities of the coconut fiber cross-sections

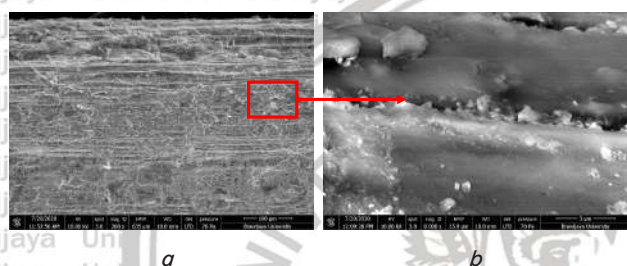


Fig. 6. The main signature indicates T4H: *a* – coconut coir surfaces; *b* – SEM of the heterogeneities of the coconut fiber cross-sections

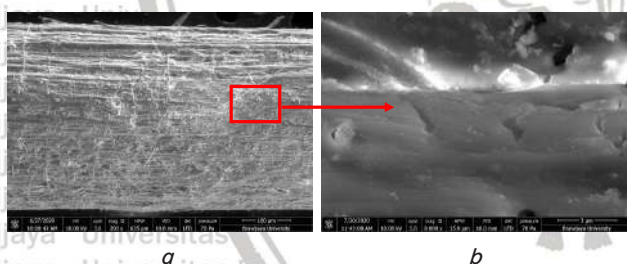


Fig. 7. The main signature indicates T8H: *a* – coconut coir surfaces; *b* – SEM of the heterogeneities of the coconut fiber cross-sections

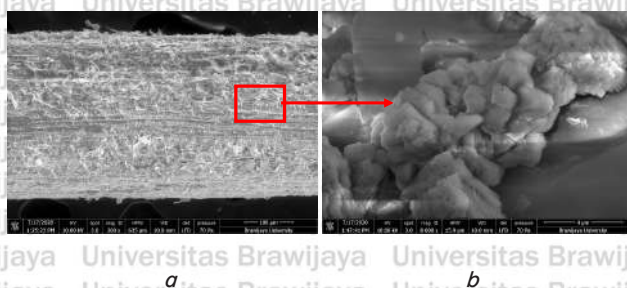


Fig. 8. The main signature indicates T12H: *a* – coconut coir surfaces; *b* – SEM of the heterogeneities of the coconut fiber cross-sections

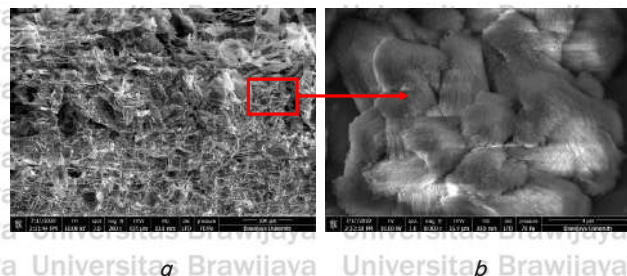


Fig. 9. The main signature indicates T16H: *a* – coconut coir surfaces; *b* – SEM of the heterogeneities of the coconut fiber cross-sections

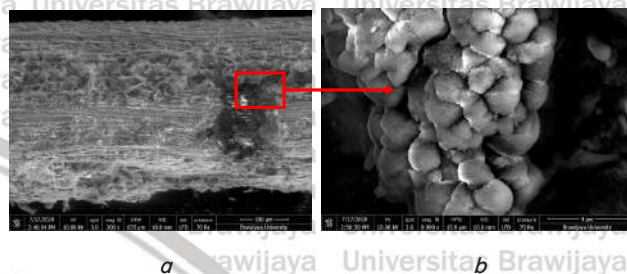


Fig. 10. The main signature indicates T20H: *a* – coconut coir surfaces; *b* – SEM of the heterogeneities of the coconut fiber cross-sections

5.2. Results of testing the wettability and surface energy of the fiber

The results of the wetness test showed that the fiber with the 8-hour treatment showed the smallest contact angle when compared to the untreated one and other treatments. In this treatment, it has a high surface energy, namely 40.74 mN/m, which is higher when compared to without treatment and other treatments. The results of the overall wetness test are shown in Table 3.

Table 3

Test results for contact angle and surface energy

Notation	Angle of contact		Dis- persion (mN/m)	Polarity (mN/m)	Surface Energy (mN/m)
	distilled water	ethylene glycol			
UT	71.89	70.76	1.21	35.56	36.77
T4H	69.37	68.23	1.27	37.90	39.17
T8H	68.54	68.23	1.02	39.72	40.74
T12H	69.67	69.46	0.96	38.78	39.74
T16H	70.32	69.76	1.05	37.73	38.78
T20H	70.43	70.21	0.95	38.05	38.99

5.3. Results of the interfacial shear stress

Fig. 11 shows the results of the interfacial shear stress test. The results of the fiber shear stress test embedded in the matrix show that the fibers with an 8-hour immersion treatment have shear stress of 3.80 MPa. Fig. 14 shows the SEM of the fibers detached from the matrix. The image shows some of the fibers still attached to the matrix.

Fig. 12–17 show the Scanning Electron Microscopy (SEM) results of the fibers detached from the matrix.

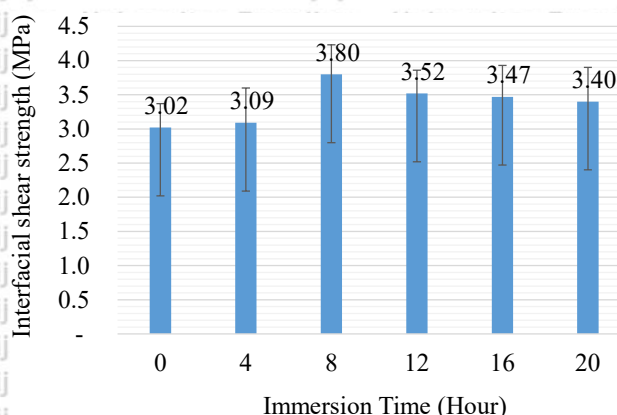


Fig. 11. The relationship between immersion time and interfacial shear strength

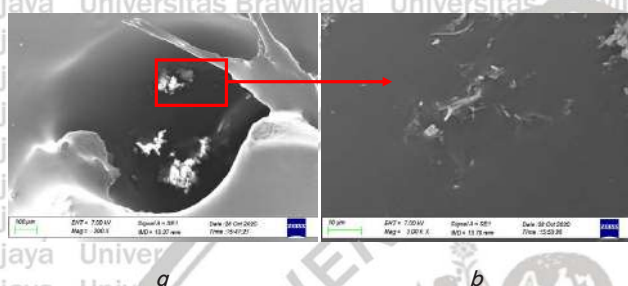


Fig. 12. The main signature SEM coconut coir fibers detached from the matrix UT: *a* – surface matrix of coconut fiber loose holes; *b* – surface of the heterogeneities cross-sections of the matrix and coconut fiber

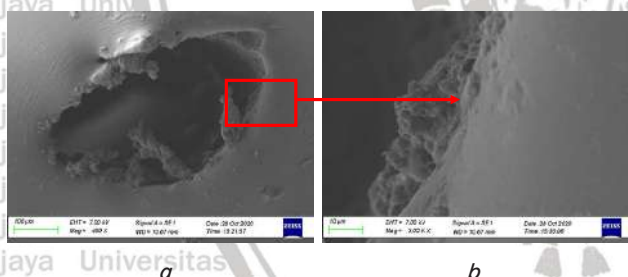


Fig. 13. The main signature SEM coconut coir fibers detached from the matrix T4H: *a* – surface matrix of coconut fiber loose holes; *b* – surface of the heterogeneities cross-sections of the matrix and coconut fiber

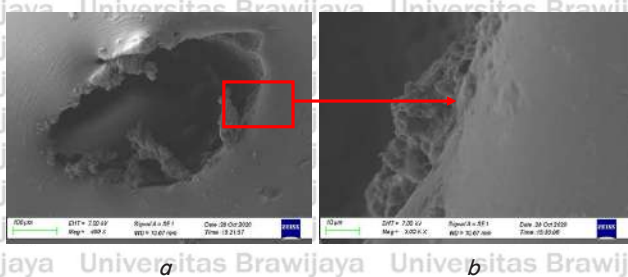


Fig. 14. The main signature SEM coconut coir fibers detached from the matrix T8H: *a* – surface matrix of coconut fiber loose holes; *b* – surface of the heterogeneities cross-sections of the matrix and coconut fiber



Fig. 15. The main signature SEM coconut coir fibers detached from the matrix T12H: *a* – surface matrix of coconut fiber loose holes; *b* – surface of the heterogeneities cross-sections of the matrix and coconut fiber

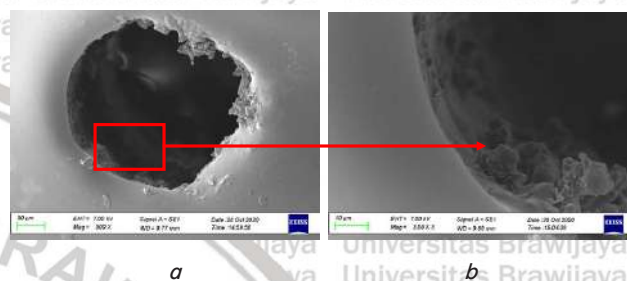


Fig. 16. The main signature SEM coconut coir fibers detached from the matrix T16H: *a* – surface matrix of coconut fiber loose holes; *b* – surface of the heterogeneities cross-sections of the matrix and coconut fiber

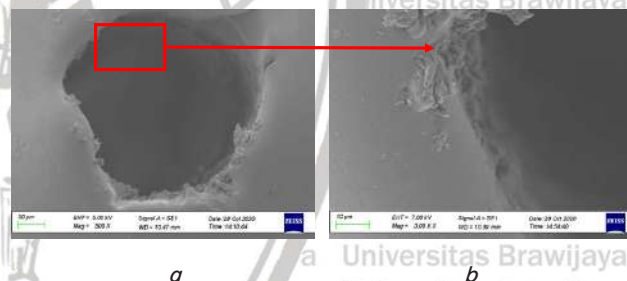


Fig. 17. The main signature SEM coconut coir fibers detached from the matrix T20H: *a* – surface matrix of coconut fiber loose holes; *b* – surface of the heterogeneities cross-sections of the matrix and coconut fiber

Fig. 12 shows a clean-looking lint hole in the matrix; this indicates that the fiber is not well bound by the matrix. Fig. 13, 14 show a fibrous hole in a fibrous matrix; this shows that the fiber and matrix bonds occur well. Fig. 15–17 show the grain marks in the matrix which looks clean; this shows the fiber and matrix bonds are not good.

6. Discussion of the effect of surface modification of coconut fibers on wettability and interface shear strength with the matrix

The results showed that the effect of immersing coconut coir in limestone water could reduce the content of lignin, clean the surface/increase the roughness of the fibers, increase the level of wetness, and increase the interface shear stress. Limestone water as a fiber processing

medium has added value, which is more environmentally friendly and more economical when compared to other studies [11, 14–16, 19, 21, 27] that use chemicals. The significant result of this research is the use of limestone water which can be used as a natural (environmentally friendly) fiber treatment medium, so that it can be used as fiber treatment that often uses chemical media.

The compositions of coir fibers that have and have not been treated with limestone water immersion have different chemical contents, as shown in Table 1. Fibers that are treated with limestone water immersion for 8 hours have the highest alpha-cellulose value (36.99 %). The cellulose content in the 8-hour treatment increased, because the hemicellulose and lignin content was eroded by the limestone water solution, so that the percentage of hemicellulose and lignin decreased. This research was following the research that sodium hydroxide treatment can remove non-cellulose components [5, 28–30].

The surface of the treated and untreated fiber surface is shown in Fig. 5–10, whereas with chemical treatment the immersion times of 4, 8, 12, 16, and 20 hours. Fig. 5 shows the untreated fiber surface, the picture shows the presence of dirt, which is still attached to the fiber surface. The fiber surface indicates that the hemicellulose and lignin compositions are still attached to the fiber surface. In Fig. 7, fiber was immersed for 8 hours, the surface of the fiber looks clean, grooved regularly and rough. Fig. 7 shows that the lignin and hemicellulose composition has been eroded from the fiber surface [29, 30].

In Fig. 8–10, the fiber surface starts to look rough but grooved irregularly. The rough surface is caused by the cellulose component being eroded by the limestone water. The surface of the coconut fiber appears to be damaged, degraded by the time of immersion in limestone water.

The value of matrix and fiber adhesion can be seen from the wettability of the fibers. The wetting of the fibers can be determined by calculating the surface energy. Table 3 shows the contact angle and surface energy for untreated and treated cantile fiber. In water and ethylene glycol, untreated fibers have a higher contact angle with lower surface energy compared to treated fibers. This indicates that the UF is hydrophobic with low polarity and is difficult to wet. The presence of non-polar materials, such as wax, oil, pectin, and lignin, on the fiber surface causes UF to become hydrophobic.

The removal of the T8H lignin component caused an increase in polarity from 35.44 to 43.47 mN/m and at surface energies from 39.17 to 40.74 mN/m. Similar cases were found in hemp fibers [31]. Limestone water makes the surface of the fiber clean, and the surface energy increases. The increase was caused by the reaction between limestone water and coconut fiber. This phenomenon was under the results reported by [32]. The highest surface energy of 45.37 mN/m was obtained after the limestone water immersion treatment.

The results of the interfacial shear strength test of coconut coir fibers with a polyester matrix are shown in Fig. 11. The interfacial shear strength values of the fibers without treatment were 3.02 MPa, while those treated for 4 hours and 8 hours were 3.09 MPa and 3.80 MPa, respectively. The interfacial shear strength of the fibers decreased in the variation of immersion time for 12 hours, 16 hours, and 20 hours, namely 3.52 MPa, 3.47 MPa, and 3.40 MPa.

The 8-hour immersion variation has the maximum interfacial shear strength; this is due to the clean fiber surface,

reduced lignin content. So that the bond between the fiber and matrix can be maximized, as shown in Fig. 11. Variations of 12 hours and so on experienced a decrease in interfacial shear strength, this was due to the sizeable degraded fiber surface. Degradation of fibers due to the immersion of limestone water for too long causes the fiber surface to be damaged and the cellulose content also decreases [33–35].

Fig. 12 results from the interfacial shear strength of the untreated fibers, showing a clean trace matrix. Fig. 12 shows that the fibers separated from the matrix leave no marks. Fig. 12 shows that the fibers and automatic bonding are not good enough. Fig. 13, 14 show the fibers that are released in the matrix better than in Fig. 12. The fibers that were released from the matrix appear as fibers left behind and the holes in the matrix look uneven, this indicates that the fibers and matrix bonding can occur properly. Other research have also shown that good adhesion between matrix and fiber occurs when the interface shear test occurs when the fiber surface is attached to the matrix [22].

Fig. 15–17 show the interface shear marks of the fiber and matrix. Fig. 15–17 show the surface of the fiber left on the polyester matrix, each showing the surface of the fibers left in the matrix is not as much as in Fig. 14. Fig. 15–17 show the ability of the matrix to bind to the fiber is not as good as in Fig. 14. Fiber surface has begun to break down and the cellulose content has decreased. Fiber that is too long soaked in a solution of lime water causes the fiber surface to become damaged.

Some of the problems in this study are the limitations of laboratory use in connection with the Covid 19 pandemic. We, as researchers, try hard to obtain data as a result of an investigation. The results of this research are the result of the hard work of the research team to improve knowledge, especially materials science.

Several things that make the disadvantages in this study are the selection of the starting material (coconut fiber) which has a variety of sizes and types. We hope that before carrying out the research process, the preparation of fiber types will approximately have the same diversity. This was to save laboratory costs which may be quite expensive. Research with a more thorough and systematic preparation will produce a better study.

Hopefully, in the future with this research, to produce useful data, it is necessary to add a simulation method or a mathematical method so that it can support this research using the experimental procedure. Some suggestions from the research team, before carrying out empirical research, it is better to do research using simulation methods. The data obtained from the simulation and experimental results can be compiled so as to produce good research.

The results of this research can be applied in the composite manufacturing industry. Coconut coir fiber, which has good properties, can be used as reinforcement for composite materials. Composite materials with natural fiber reinforcement have a huge opportunity. There is a need for materials (mostly composite materials) as industrial support.

7. Conclusions

1. Chemical analysis at 8 hours immersion content of cellulose has the highest percentage, namely 36.99 % when compared to other submerged and untreated fibers. This was because limestone water can clean the dirt that sticks to the

surface of the coconut coir fibers. Lignin and hemicellulose are degraded by limestone water.

2. After 8 hours of immersion, the wettability of the fibers increases, this was because the surface of the fibers was clean, rough and grooved. The matrix can penetrate inside, which causes the bond between the matrix and the fiber to be better.

3. The interfacial shear stress between the matrix and fibers increases. Coconut coir fiber has excellent compatibility with polyester resin, because of the Pull Out test results and fiber density and matrix. The fiber immersed in lime water for 8 hours has a shear stress value of 3.80 MPa, because the

fiber for 8 hours of immersion has a good bond between the fiber and resin, according to the results of the scanning electron microscope. The immersion of the fibers in limestone water indicates the presence of resin that enters the fiber or the fiber surface can be firmly bound to the matrix.

Acknowledgments

Acknowledgments are addressed to the ministry of education and culture of the Republic of Indonesia and a doctoral dissertation research grant from Brawijaya University.

References

1. Mohan, T. P., Kanny, K. (2012). Chemical treatment of sisal fiber using alkali and clay method. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 43 (11), 1989–1998. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2012.07.012>
2. Elanchezian, C., Ramnath, B. V., Ramakrishnan, G., Rajendrakumar, M., Naveenkumar, V., Saravanakumar, M. K. (2018). Review on mechanical properties of natural fiber composites. *Materials Today: Proceedings*, 5 (1), 1785–1790. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.276>
3. Madhu, P., Sanjay, M. R., Senthamaraiannan, P., Pradeep, S., Saravanakumar, S. S., Yogesha, B. (2018). A review on synthesis and characterization of commercially available natural fibers: Part-I. *Journal of Natural Fibers*, 16 (8), 1132–1144. doi: <https://doi.org/10.1080/15440478.2018.1453433>
4. Ponorogo, S. (2017). Indonesia, Negara Produsen Kelapa Terbesar di Dunia. Data Nat. Resour. potential Ponorogo Regency.
5. Kabir, M. M., Wang, H., Lau, K. T., Cardona, F. (2013). Effects of chemical treatments on hemp fibre structure. *Applied Surface Science*, 276, 13–23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.02.086>
6. Khalil, H. P. S. A., Alwani, M. S., Omar, A. K. M. (2006). Chemical composition, anatomy, lignin distribution, and cell wall structure of Malaysian plant waste fibers. *BioResources*, 1 (2), 220–232. doi: <https://doi.org/10.15376/biores.1.2.220-232>
7. Muensri, P., Kunanopparat, T., Menut, P., Siriwanatayotin, S. (2011). Effect of lignin removal on the properties of coconut coir fiber/wheat gluten biocomposite. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 42 (2), 173–179. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2010.11.002>
8. Arsyad, M., Wardana, I. N. G., Pratikto, Irawan, Y. S. (2015). The morphology of coconut fiber surface under chemical treatment. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 20 (1), 169–177. doi: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620150001.0017>
9. Cao, Y., Sakamoto, S., Goda, K. (2007). Effects of heat and alkali treatments on mechanical properties of kenaf fibers, 16-th International Conference on Composite Materials. Available at: http://www.iccm-central.org/Proceedings/ICCM16proceedings/contents/pdf/MonG/MoGM1-02ge_caoy223305p.pdf
10. Reddy, K. O., Maheswari, C. U., Shukla, M., Rajulu, A. V. (2012). Chemical composition and structural characterization of Napier grass fibers. *Materials Letters*, 67 (1), 35–38. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2011.09.027>
11. Ramamoorthy, S. K., Skrifvars, M., Rissanen, M. (2015). Effect of alkali and silane surface treatments on regenerated cellulose fibre type (Lyocell) intended for composites. *Cellulose*, 22 (1), 637–654. doi: <https://doi.org/10.1007/s10570-014-0526-6>
12. Mekalai, G. M., Kavitha, S. (2019). Eco Friendly Extraction and Physico-Chemical Characteristics of Cissus Quadrangularis stem fiber. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 6 (06), 103–108.
13. Yilmaz, N. D. (2013). Effect of chemical extraction parameters on corn husk fibres characteristics. *Indian J. Fibre Text. Res.*, 38 (1), 29–34.
14. Raharjo, W. W., Soenoko, R., Irawan, Y. S., Suprpto, A. (2017). The Influence of Chemical Treatments on Cantala Fiber Properties and Interfacial Bonding of Cantala Fiber/Recycled High Density Polyethylene (rHDPE). *Journal of Natural Fibers*, 15 (1), 98–111. doi: <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1321512>
15. Herlina Sari, N., Wardana, I. N. G., Irawan, Y. S., Siswanto, E. (2017). Characterization of the Chemical, Physical, and Mechanical Properties of NaOH-treated Natural Cellulosic Fibers from Corn Husks. *Journal of Natural Fibers*, 15 (4), 545–558. doi: <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1349707>
16. Suryanto, H., Marsyahyo, E., Irawan, Y. S., Soenoko, R. (2014). Morphology, Structure, and Mechanical Properties of Natural Cellulose Fiber from Mendong Grass (*Fimbristylis globulosa*). *Journal of Natural Fibers*, 11 (4), 333–351. doi: <https://doi.org/10.1080/15440478.2013.879087>
17. Suryanto, H. Review Serat Alam : Komposisi, Struktur, Dan Sifat Mekanis. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Heru_Suryanto3/publication/309421383_REVIEW_SERAT_ALAM_KOMPOSISI_STRUKTUR_DAN_SIFAT_MEKANIS/links/580fe4f308aef2ef97afebdf/REVIEW-SERAT-ALAM-KOMPOSISI-STRUKTUR-DAN-SIFAT-MEKANIS.pdf
18. Eral, H. B., de Ruiter, J., de Ruiter, R., Oh, J. M., Semperebon, C., Brinkmann, M., Mugele, F. (2011). Drops on functional fibers: from barrels to clamshells and back. *Soft Matter*, 7 (11), 5138. doi: <https://doi.org/10.1039/c0sm01403f>
19. Raharjo, W. P., Soenoko, R. (2019). Effect of chemical treatment on wettability of Zalacca fibres as composites reinforcements. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 494, 012007. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/494/1/012007>

20. Bledzki, A., Gassan, J. (1999). Composites reinforced with cellulose based fibres. *Progress in Polymer Science*, 24 (2), 221–274. doi: [https://doi.org/10.1016/s0079-6700\(98\)00018-5](https://doi.org/10.1016/s0079-6700(98)00018-5)
21. Bisanda, E. T. N. (2000). The Effect of Alkali Treatment on the Adhesion Characteristics of Sisal Fibres. *Applied Composite Materials* 7, 331–339. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1026586023129>
22. Luz, F. S. da, Ramos, F. J. H. T. V., Nascimento, L. F. C., Figueiredo, A. B.-H. da S., Monteiro, S. N. (2018). Critical length and interfacial strength of PALF and coir fiber incorporated in epoxy resin matrix. *Journal of Materials Research and Technology*, 7 (4), 528–534. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.04.025>
23. Orue, A., Jauregi, A., Peña-Rodríguez, C., Labidi, J., Eceiza, A., Arbelaiz, A. (2015). The effect of surface modifications on sisal fiber properties and sisal/poly (lactic acid) interface adhesion. *Composites Part B: Engineering*, 73, 132–138. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2014.12.022>
24. Wu, Z., Shi, C., Khayat, K. H. (2018). Multi-scale investigation of microstructure, fiber pullout behavior, and mechanical properties of ultra-high performance concrete with nano-CaCO₃ particles. *Cement and Concrete Composites*, 86, 255–265. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2017.11.014>
25. Ferreira, S. R., Silva, F. de A., Lima, P. R. L., Toledo Filho, R. D. (2017). Effect of hornification on the structure, tensile behavior and fiber matrix bond of sisal, jute and curauá fiber cement based composite systems. *Construction and Building Materials*, 139, 551–561. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.10.004>
26. Juikar, S. J., Vigneshwaran, N. (2017). Extraction of nanolignin from coconut fibers by controlled microbial hydrolysis. *Industrial Crops and Products*, 109, 420–425. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.067>
27. Mwaikambo, L. Y., Ansell, M. P. (2002). Chemical modification of hemp, sisal, jute, and kapok fibers by alkalization. *Journal of Applied Polymer Science*, 84 (12), 2222–2234. doi: <https://doi.org/10.1002/app.10460>
28. Palungan, M. B., Soenoko, R., Irawan, Y. S., Purnowidodo, A. (2017). The effect of fumigation treatment towards agave cantala Roxb fibre strength and morphology. *Journal of Engineering Science and Technology*, 12 (5), 1399–1414.
29. Rashid, B., Leman, Z., Jawaid, M., Ghazali, M. J., Ishak, M. R., Abdelgnei, M. A. (2017). Dry sliding wear behavior of untreated and treated sugar palm fiber filled phenolic composites using factorial technique. *Wear*, 380-381, 26–35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2017.03.011>
30. Suryanto, H., Marsyahyo, E., Irawan, Y. S., Soenoko, R. (2013). Effect of Alkali Treatment on Crystalline Structure of Cellulose Fiber from Mendong (*Fimbristylis globulosa*) Straw. *Key Engineering Materials*, 594-595, 720–724. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.594-595.720>
31. Pietak, A. M., Reid, J. W., Stott, M. J., Sayer, M. (2007). Silicon substitution in the calcium phosphate bioceramics. *Biomaterials*, 28 (28), 4023–4032. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2007.05.003>
32. Feresenbet, E., Raghavan, D., Holmes, G. A. (2003). The influence of silane coupling agent composition on the surface characterization of fiber and on fiber-matrix interfacial shear strength. *The Journal of Adhesion*, 79 (7), 643–665. doi: <https://doi.org/10.1080/00218460309580>
33. Wielage, B., Lampke, T., Marx, G., Nestler, K., Starke, D. (1999). Thermogravimetric and differential scanning calorimetric analysis of natural fibres and polypropylene. *Thermochimica Acta*, 337 (1-2), 169–177. doi: [https://doi.org/10.1016/s0040-6031\(99\)00161-6](https://doi.org/10.1016/s0040-6031(99)00161-6)
34. Gierlinger, N., Goswami, L., Schmidt, M., Burgert, I., Coutand, C., Rogge, T., Schwanninger, M. (2008). In Situ FT-IR Microscopic Study on Enzymatic Treatment of Poplar Wood Cross-Sections. *Biomacromolecules*, 9 (8), 2194–2201. doi: <https://doi.org/10.1021/bm800300b>
35. Schulz-Ekloff, G., Wöhrle, D., van Duffel, B., Schoonheydt, R. A. (2002). Chromophores in porous silicas and minerals: preparation and optical properties. *Microporous and Mesoporous Materials*, 51 (2), 91–138. doi: [https://doi.org/10.1016/s1387-1811\(01\)00455-3](https://doi.org/10.1016/s1387-1811(01)00455-3)

ISSN: 0258-2724

DOI: 10.35741/issn.0258-2724.55.3.52

Research article

Material Science

THE EFFECT OF IMMERSION TIME OF COCONUT FIBER IN LIMESTONE WATER ON TENSILE STRENGTH AND SURFACE MORPHOLOGY

椰子油在石灰石水中的浸入时间对拉伸强度和表面形态的影响

Sutrisno^a, Rudy Soenoko^b, Yudy Surya Irawan^b, Teguh Dwi Widodo^b^a Department of Mechanical Engineering, Universitas Merdeka Madiun
Madiun, Indonesia, sutrisno@unmer-madiun.ac.id^b Department of Mechanical Engineering, Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia, rudysoen@ub.ac.id, yudysir@ub.ac.id, widodoteguhdwi@ub.ac.id**Received: March 1, 2020 ▪ Review: May 20, 2020 ▪ Accepted: May 30, 2020**

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

Abstract

This study aims to identify the effect of immersion of coconut fiber in limestone water on surface morphology and tensile strength, including chemical reactions during immersion. Coconut coir fibers were immersed in a solution of limestone water for 0, 4, 8, 12, 16, and 20 hours, with a mass fraction of limestone of 5%, then dried for 1 hour. Coconut fiber was characterized by a single fiber tensile testing machine, Scanning Electron Microscope, X-ray diffractometer, and Fourier transform infrared spectrometer. The results showed that the percentage of 5% with 8 hours of immersion in the fiber had a cleaner surface morphology with a tensile strength of 234.62 MPa. Therefore, as an alternative to improving the characteristics of a single thread, immersion in limestone water needs to be applied.

Keywords: Coconut Fiber, Limestone Water, Surface Morphology, Tensile Strength

摘要 本研究旨在确定将椰子纤维浸入石灰石水中对表面形态和拉伸强度的影响,包括浸入过程中的化学反应。将椰子椰壳纤维浸入石灰石水溶液中 0、4、8、12、16 和 20 小时,石灰石的质量分数为 5%,然后干燥 1 小时。用单纤维拉伸试验机,扫描电子显微镜,X 射线衍射仪和傅立叶变换红外光谱仪表征椰子纤维。结果表明,浸渍在纤维中 8 小时的 5% 的百分数具有更清洁的表面形态,抗张强度为 234.62 兆帕。因此,作为改善单线特性的替代方法,需要浸入石灰石水中。

关键词: 椰子纤维,石灰石水,表面形貌,拉伸强度

I. INTRODUCTION

The industrial world uses many composite materials, many of which use synthetic materials as reinforcement. The process of making these synthetic materials results in environmental pollution. It is necessary to make an effort to replace these with environmentally friendly materials. Efforts to reduce the use of synthetic materials (composite reinforcing materials), which are a cause of environmental pollution, need to be studied in order to find replacements for synthetic materials.

Natural fiber-based composite materials can be recycled or reused even though their properties are not as good as the original [1]. The use of natural fibers by industrial programs are to create environmentally friendly products. The use of composite materials has increased with advances in technology. The preservation process prevents from fungal growth due to exposure to weather and as protection toward insects such as drywood termites or soil termites.

Untreated natural fibers used as reinforcement in composite materials cannot be bonded to the matrix. Natural fibers require special treatment so that they can bind to the form maximally. Surface treatments of natural fibers are used to increase adhesion and other mechanical properties necessary for use in composite materials [2], [3], [4], [5]. Some scientists are concerned that cellulose-based natural fibers have hydrophilic properties that are not compatible with the hydrophobic polymer matrix used in composites. One of the natural fibers used as composite reinforcement material is coconut coir fiber. Coconut fiber is very abundant, but the fiber has not been used optimally. Indonesia has the largest coconut area in the world, reaching four million hectares, which is 31.2% of the total area of coconut plantations in the world [6].

Chemical treatment can lead to degradation of the fiber, which can result in surface damage, thereby decreasing the mechanical properties of the thread. As a result, there is a need for a treatment that can clean the thread without damaging the cellulose. Chemical treatment can reduce the hydrophilic nature of the fiber so that the thread can interact with the polymer matrix maximally [7].

The characteristics of natural fibers are affected by the processing and treatment of textures. Some of the treatments used can include chemical treatment or natural treatment with natural substances. Some chemical treatments include alkali treatment [8], [9], [10], [11], [12], [13]. Both chemical treatment and natural treatment with natural ingredients use alkaline

substances. One natural treatment of fiber with natural materials, for example, is soaking the thread in seawater [14]. The treatment of bamboo by immersing it in river water and seawater results in a decreased level of fungal attack on bamboo reinforcement. Bamboo reinforcement with a non-immersion treatment was found to be overgrown with mushrooms, whereas bamboo bars that were soaked in seawater and soaked in river water long that had no mushrooms [15].

Another natural treatment is soaking fibers in limestone water. Bamboo as a home-making material is soaked in lime water first with the aim that bamboo will become more durable. Preservation has often been carried out by rural communities, especially in the Java region which is one of the local wisdom cultures in the bamboo preservation business [16].

Limestone is a sedimentary rock composed of calcium carbonate (CaCO_3). Lime is one of the natural substances that can be used in traditional bamboo preservation. Untreated natural fibres used as building materials are often mouldy and eaten by termites. Ca(OH)_2 limestone water is natural and in large quantities. The powder was dissolved in water to form a saturated solution of calcium hydroxide (Ca(OH)_2). The bamboo was soaked in this solution for approximately one month [17]. Ca(OH)_2 limestone water solution does not endanger health, as a fiber treatment media to improve mechanical properties and clean fibers. Ca(OH)_2 limestone water solution for processing papaya chips will yield a more savoury, crispy result [18].

There is an abundance of limestone in Indonesia. The rock is spread almost evenly throughout the Indonesian Archipelago. According to the Center for Research and Development of Mineral and Coal Technology [6], most of the limestone reserves in Indonesia are in East Java. There has been extensive research into the processing of coconut fibre [19], [20], [21], [22], [23], [24], but not into treating the fibre by immersing it in limestone water. Based on this description, Ca(OH)_2 limestone water is thought to make natural fibres stronger, more durable, and pest-resistant.

II. MATERIAL AND METHODS

A. Materials

- Coconut fibre from Wonogiri, Central Java, Indonesia. The fibre was taken from fruits 12-14 months old and picked from trees 10-12 years old.
- Distilled water, used as a solvent for the limestone.

• Limestone, taken from Ponorogo, East Java. The limestone was used to immerse the coconut fibre with a weight fraction of 5%. The $\text{Ca}(\text{OH})_2$ limestone was dissolved in distilled water with composition as shown in Table 1.



a



b



c



d

Figure 1. a. Coconut tree; b. Coconut coir; c. Coconut fiber; d. Limestone water

B. Methods

1) Treatment of Coconut Fiber

Coconut coir fibers were separated from the meat, then soaked in limestone water according to Table 1.

Table 1.
Coconut Fiber treatments

No	Notation	Immersion time (hours)	Limestone (% wt)
1	UT ^a	0	5
2	T4H ^b	4	5
3	T8H ^c	8	5
4	T12H ^d	12	5
5	T16H ^e	16	5
6	T20H ^f	20	5

^a Untreated specimen

^b Immersion time of 4 hours

^c Immersion time of 8 hours

^d Immersion time of 12 hours

^e Immersion time of 16 hours

^f Immersion time of 20 hours

Coconut coir fibers were treated by soaking according to the table, then dried at room temperature.

2) Surface Morphology of Coconut Fiber

The fiber surface morphology of each treatment was observed using a Scanning Electron Microscope (SEM). The morphological characterization were examined by SEM (FEI - Quanta FEG 650) in high vacuum mode at an accelerating voltage of 20 kV. SEM manage by Laboratorium Sentral Ilmu Hayati, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.

3) X-Ray Diffractometry (XRD) Coconut Fiber

The X-Ray Diffraction (XRD) test was used to analyze the crystal structure of a material because each element or compound has a certain diffraction pattern. On the diffractogram, there is a link between the angle of the 2θ and the

intensity of the number of detectors already in the XRD system. The percentage of crystallinity (% Cr) is calculated as follows:

$$\%Cr = \frac{I_{10}}{I_{10} + I_{60}} \times 100$$

(1)

with

% Cr: Crystallinity degree (%)

I_{10} : Maximum intensity peak associated with the crystal planes

I_{60} : Amorphiffracton intensity, taken the lowest value on an angle of 2θ

I_{10} and I_{60} are amorphous crystal intensities on a scale of 2θ .

4) Fourier Transform Infrared (FTIR) Coconut Fiber Spectroscopy

Effects of chemical treatment with alkali treatment on the fiber surface can be observed using FTIR spectroscopy. Chemical group changes that occur in the fibre due to chemical treatment are known by FTIR spectroscopy [25].

5) Tensile Strength of a Single Fiber

Preparation of coconut coir fiber specimens began with fibers from meat, soaking the thread in limestone water according to the table. The

sample for each treatment was 5, and the complete specimen was 30 samples. Tensile testing, according to ASTM D-3379 [26].

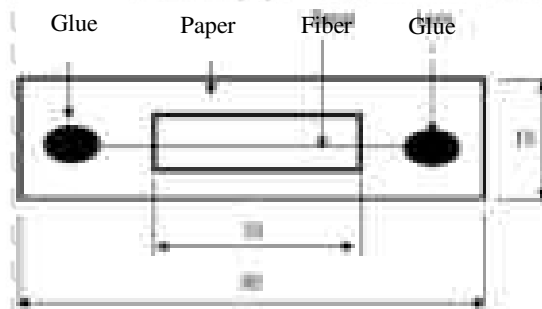
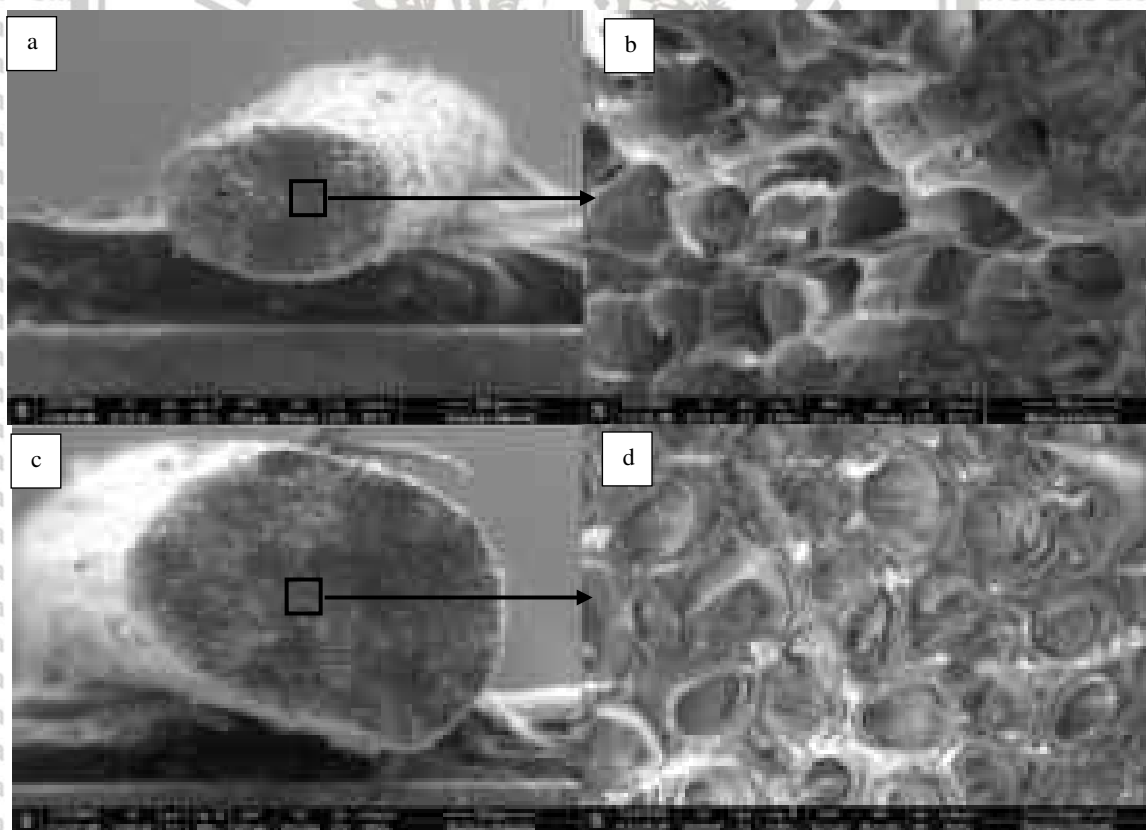


Figure 2. Single fiber test specimen [26]

III. RESULT AND DISCUSSION

A. Surface Morphology of Coconut Fiber

Figure 3 shows the surface morphology of the coconut husk. Figure 1 (a) is a fiber surface without treatment, while Figure 1 (b, c, and d) shows the surface of coconut fiber with limestone water immersion treatment.



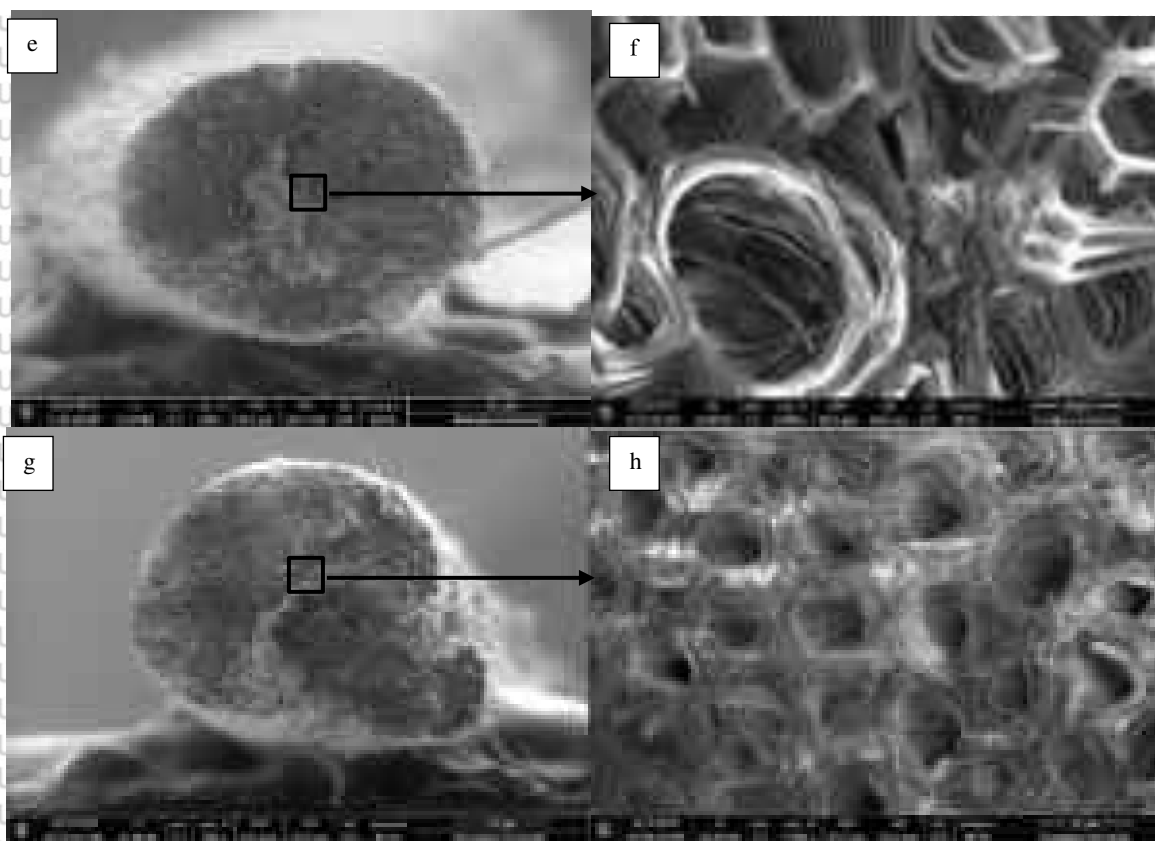


Figure 3. Scanning Electronic Microscopy (SEM) images of coconut fiber: a-b - untreated specimen; c-g - limestone water treated fibers; c-d - Immersion time of 4 hours; e-f - Immersion time of 8 hours; g-h - Immersion time of 20 hours

Figure 3a, b shows the surface of coconut fiber without immersion. The surface of coconut fiber shows a dirty surface (the surface of the fiber is covered with wax and grease). Figure 3c, d shows a rough surface because the OH content of the fiber group has been degraded, and the surface has become rough, grooved, and porous due to the effects of limestone immersion. Soaking makes surface roughness, increased roughness resulting from degradation of lignin on the surface of the fiber, enriched with the composition of elements H and O in lignin compounds along with the density of C bonds in the fiber [22].

Figure 3e, f, the surface of the fiber looks cleaner and rougher when compared to Figure 3b. This is because the elements of lignin, hemicellulose and pectin in the fiber have been degraded by limestone water. Soaking coconut fiber for 8 hours can clean the surface of the fiber. The picture shows an extensive fiber surface, does not experience surface defects, and a good fiber groove like a spiral. Scanning Electron

Microscopy (SEM) is one of the most powerful characterization techniques for assessing the effect of surface modification on fibers. However, only a few physical changes on the surface of the fiber can be seen. Formation of bonds between fibers and modification cannot be determined quantitatively [27].

Figure 3g, h shows the surface of the fiber, which is not good (it can be said to be damaged) this is due to the soaking of the fiber for too long. This results in a damaged fiber surface. Too long immersion causes cellulose to degrade [7], [28].

B. Fiber XRD Analysis

Figure 4 shows the X-ray diffraction pattern of coconut fiber without treatment and with treatment. The peak intensity of each treatment occurred in an area of around 22° . The peak intensity of each treatment corresponds to the reflection of the crystallographic field, representing the crystalline peaks of cellulose [29].

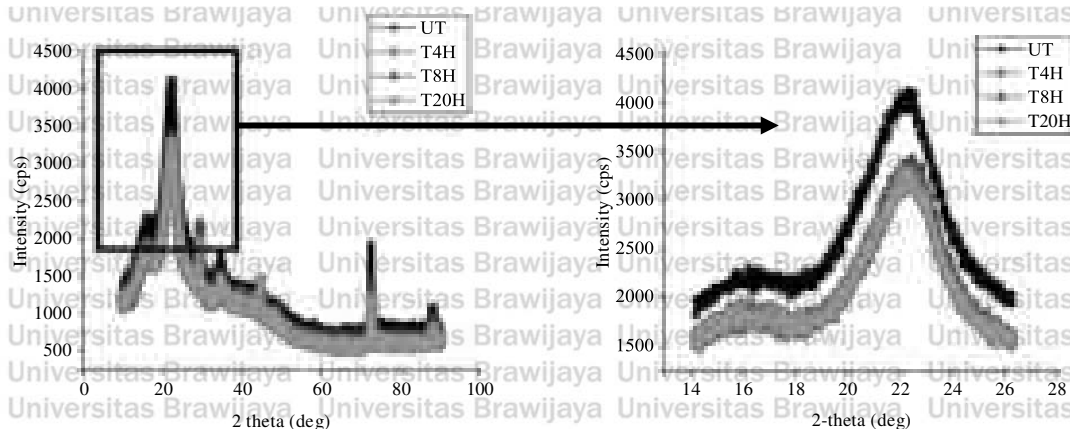


Figure 4. X-ray diffraction profile for fibers without the treatment and treatment of limestone water immersion

Table 2 that the relative intensity of UT on a scale of 2 θ is 2300 (I_{10}) and 4084 (I_{60}). The percentage of crystallinity (% Cr) of UT has been found 63.97. Whereas T4H which was quenched with limestone for 4 hours showed relative intensity of 1875 (I_{10}) and 3305 (I_{60}) so that the percentage of fiber crystallinity was 63.8. The relative intensity of T8H soaked in limestone for 8 hours was 1818 (I_{10}) and 3369 (I_{60}). Percentage of crystallinity of fibers treated with 8 hours 64.95. The relative intensity of the fiber soaked for 20 hours is 1848 (I_{10}) and 3310 (I_{60}). The percentage of fiber crystallinity was found 64.23.

Table 2.
Percentage of crystallinity of each fiber

Code	I_{10} (cps)	I_{60} (cps)	Cr (%)
UT	2300	4084	63,97
T4H	1875	3305	63,80
T8H	1818	3369	64,95
T20H	1848	3310	64,23

Immersion coconut coir fiber in limestone water with soaking and without soaking can be seen in Figure 4. The crystallinity of coconut fiber is increasing with 8 hours soaking time. Figure 4 shows the immersion time of 8 hours of removal of amorphous components and other

impurities. The loss of amorphous components and impurities makes the cellulose chain arrangement increasingly better [29]. Soaking coconut fiber with 12 hours of crystallinity decreases, this causes damage to the structure of cellulose [30].

C. FTIR Fiber Analysis

Spectra results of FTIR fiber test without and with limestone immersion can be seen in Figure 5. Figure 5 shows a functional group that appears on fibers without immersion and with immersion. Texture without soaking and with soaking increases in intensity. Figure 5 shows the peak around the wavenumber region 3450 cm^{-1} which is related to the vibration strain of the O-H function group [31], [32]. Absorption that occurs at the peak of 2940 cm^{-1} is related to asymmetric strain vibrations from the C-H bond [33]. Figure 5 shows that limestone water immersion can affect the wave peak where the immersion can break the chain of fiber compounds such as lignin and hemicellulose [33], [34], [35]. The process of degradation in the process of fiber immersion can reduce the O-H group in the range of wave region 3750 - 3250 cm^{-1} .

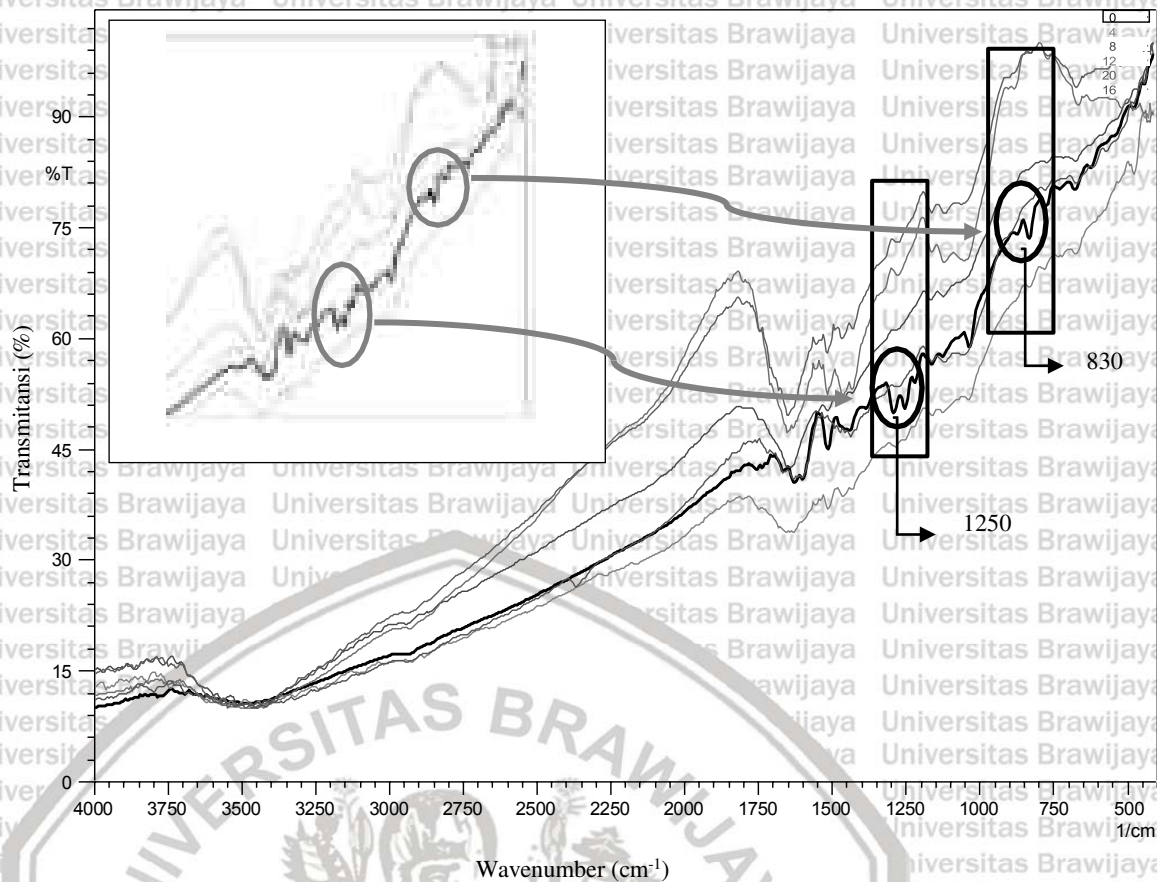


Figure 5. FTIR test results of fiber without immersion and limestone water immersion fiber

The crystallinity peak in the wavenumber area was of $1630\text{--}1030\text{ cm}^{-1}$ due to the vibrations made by the carbon and hydrogen groups [28]. The treatment make degradation on the fibers so that can clean fiber from dirt (lignin and hemicellulose) and became rough and grooved (the surface of the fiber becomes rough and grooved is expected to bond well with the matrix). The absorption in the wavelength region of $800\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ occurs

because C-C vibrations form a tighter bond, increasing the tensile strength of the thread. The fibre's FTIR spectrum is different because it is not soaked. Its absorbed texture is seen in Figure 5, in wave frames 1256 cm^{-1} and 830 cm^{-1} . These frames are set in black graph lines and were not treated. In Figure 5 there are still impurities (lignin and hemicellulose) [36].

Table 3.

The peaks of FTIR transmittance of fiber without treatment and with treatment

Frequency number	Assigned functional groups	Reference
3450	O-H bending method principally connected to the presence of water in hemicellulose	[31], [32]
2940	C- H stretching in aromatic methoxyl assembly and methylene group	[33]
1630	Aromatic C- H in smooth deformation and C- O stretching of lignin	[28]
670	The C-H winding of formless and crystalline cellulose	[5]

D. Tensile Strength of Coconut Fiber

Figure 6a shows a sample of a single fiber tensile test specimen. Figure 6b shows the results of tensile strength test of single fiber coconut fiber without treatment and with limestone water immersion treatment. The tensile strength of natural fibers is essential for bio-composite

applications, so specific therapies are needed to improve the characteristics of mechanical properties. As one of the natural fibers, coconut coir fiber samples are treated naturally and show significant results on increasing the tensile strength of coconut coir fibers.

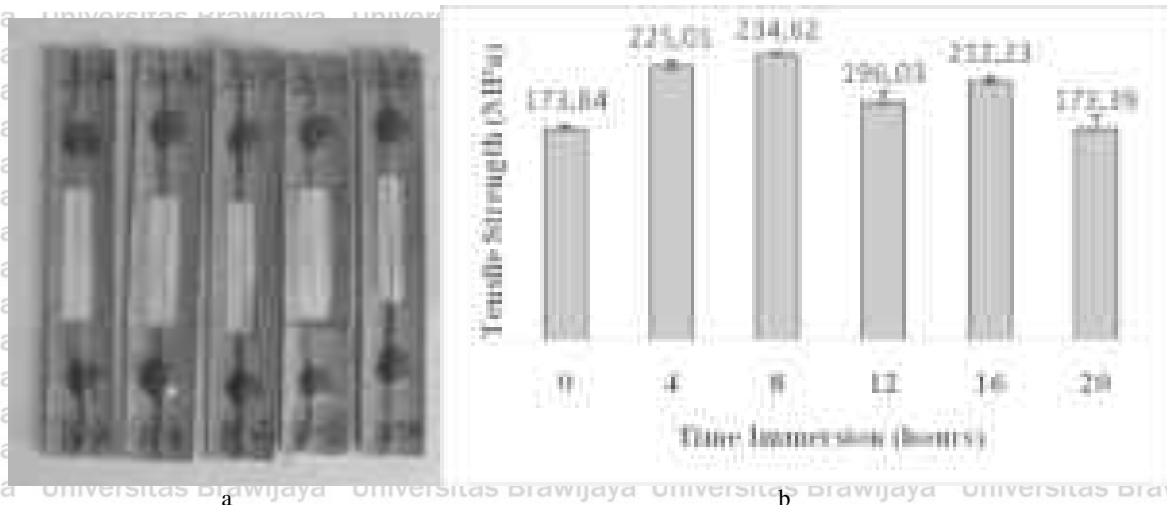


Figure 6. (a). Samples of single fiber test specimens; (b). Single fibertensile test results

Figure 6b shows the tensile strength of fibers without treatment 173.84 MPa, the increase in tensile strength occurs in the immersion treatment 4, 8, 12, and 16 hours, each value 225.01; 234.62; 196.03; and 212.23 MPa.

Immersion 20 hours tensile strength decreased by 173.39 MPa, due to immersion that is too long, causing degradation of the cellulose fiber elements [29], [37], [38]. Increased tensile strength in the treatment due to carbon bonds and lignin and hemicellulose degradation in the fiber. Immersion treatment for 8 hours showed the highest tensile strength, and therefore this study recommended a maximum immersion treatment of 8 hours with 5% limestone percentage.

IV. CONCLUSION

The results showed that the immersion treatment of coconut fiber in a solution of lime water could clean the surface of the yarn and increase the tensile strength of the coconut fiber. Chemical analysis, XRD, and FTIR show loss of amorphous material. XRD analysis confirmed at 8 hours immersion, the crystallinity showed a 64.95% rate, which was higher when compared to other treatments. The results showed that the immersion treatment of coconut fiber in a solution of lime water could clean the surface of the yarn and increase the tensile strength of the coconut fiber. Chemical analysis, XRD, and FTIR show loss of amorphous material. XRD analysis confirmed at 8 hours immersion, the crystallinity showed a 64.95% rate, which was higher when compared to other treatments. FTIR analysis shows that the fiber without treatment still shows peaks (1250 and 830), while those with peak treatment are not visible. This treatment shows that by soaking limestone, water can eliminate hemicellulose and lignin.

Immersion time of 8 hours and limestone mass concentration of 5% occurred the strength of coconut fiber reached a maximum point of 234.62 MPa.

ACKNOWLEDGMENT

This study is supported by Kemenristekdikti through the scheme of BPP-DN 2017-2020 in term of providing financial supports for this study.

REFERENCES

- [1] RODIAWAN, R., SUHDI, S., and ROSA, F. (2017) Analysis of the Properties of Natural Fibers as a Composite Strengthener Judging From Mechanical Strength. *Turbo Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro*, 5 (1), pp. 39-43.
- [2] MWAIKAMBO, L.Y. and ANSELL, M.P. (2002) Chemical modification of hemp, sisal, jute, and kapok fibers by alkalization. *Journal of Applied Polymer Science*, 84 (12), pp. 2222-2234.
- [3] SURYANTO, H., MARSYAHYO, E., IRAWAN, Y.S., and SOENOKO, R. (2014) Effect of alkali treatment on crystalline structure of cellulose fiber from mending (fimbristylis globulosa) straw. *Key Engineering Materials*, 594-595, pp. 720-724.
- [4] SOOD, M. and DWIVEDI, G. (2018) Effect of fiber treatment on flexural properties of natural fiber reinforced composites: A review. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27 (4), pp. 775-783.

- [5] MUSLIMIN, M., KAMIL, K., BUDI, S.A.S., and WARDANA, I.N.G. (2019) Effects of Liquid Smoke on the Chemical Composition and Thermal Properties of Sago Fiber. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 54 (6). Available from <http://jsju.org/index.php/journal/article/view/417>.
- [6] PONOROGO, S. (2017) *Indonesia, the Largest Coconut Producing Country in the World*. Ponorogo Regency.
- [7] WIELAGE, B., LAMPKE, T., MARX, G., NESTLER, K., and STARKE, D. (1999) Thermogravimetric and differential scanning calorimetric analysis of natural fibres and polypropylene. *Thermochimica Acta*, 337 (1-2), pp. 169-177.
- [8] ESSABIR, H., BOUJMAL, R., BENSALAH, M.O., RODRIGUE, D., BOUHIFID, R., and QAISS, A.E.K. (2016) Mechanical and thermal properties of hybrid composites: Oil-palm fiber/clay reinforced high density polyethylene. *Mechanics of Materials*, 98, pp. 36-43.
- [9] NOPPARUT, A. and AMORNSAKCHAI, T. (2016) Influence of pineapple leaf fiber and it's surface treatment on molecular orientation in, and mechanical properties of, injection molded nylon composites. *Polymer Testing*, 52, pp. 141-149.
- [10] ALSHAAER, M., MALLOUH, S.A.A., AL-KAFAWEIN, J.K., AL-FAIYZ, Y.S., FAHMY, T.P., KALLEL, A., and ROCHA, F. (2017) Fabrication, microstructural and mechanical characterization of Luffa Cylindrical Fibre - Reinforced geopolymer composite. *Applied Clay Science*, 143, pp. 125-133.
- [11] RASHID, B., LEMAN, Z., JAWAID, M., GHAZALI, M.J., ISHAK, M.R., and ABDELGNEI, M.A. (2017) Dry sliding wear behavior of untreated and treated sugar palm fiber filled phenolic composites using factorial technique. *Wear*, 380-381, pp. 26-35.
- [12] HAILONG, W., YUEGING, L., GUANGYU, P., XIAYUN, S., and QIMING, Y. (2017) Effect of Admixtures on Tensile Behavior of Fiber Reinforced Cementitious Composites. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 52 (1), pp. 61-68.
- [13] MADHU, P., SANJAY, M.R., SENTHAMARAIKANNAN, P., PRADEEP, S., SARAVANAKUMAR, S.S., and YOGESHA, B. (2019) A review on synthesis and characterization of commercially available natural fibers: Part-I. *Journal of Natural Fibers*, 16 (8), pp. 1132- 1144.
- [14] MARDIN, H., WARDANA, I.N.G., PRATIKTO, SUPRPTO, W., and KAMIL, K. (2016) Effect of Sugar Palm Fiber Surface on Interfacial Bonding with Natural Sago Matrix. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2016, 9240416.
- [15] POJOH, B. (2017) The Effect of Soaking in River and Sea Water on the Resilience of Petung's Bamboo Reinforcement from Tomohon. *Jurnal Penelitian Teknik Industri*, 9 (1), pp. 37-48.
- [16] SURIANI, E. (2018) Study of Variation Methods and Preservatives in the Bamboo-Wood Preservation Process in Indonesia. *EMARA: Indonesian Journal of Architecture*, Vol 4 No 1-Desember 2018 ISSN 2460-2477 (In Indonesia : Kajian Terhadap Variasi Metode dan Bahan Pengawet pada Proses Pengawetan Bambu-Kayu di Indonesia).
- [17] FRANSISKA, D., PERMATASARI, A.I., HARYATI, S., and MUNANDAR, A. (2014) Addition of Calcium Carbonate on the Production of Instant Pudding Powder Containing Alginate. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 9 (1), pp. 69-81.
- [18] YUNUS, R., SYAM, H., and JAMALUDDIN, J.P. (2018) The Effect of Percentage and Duration of Soiling in the Ca(OH)₂ Lime Lime Solution on the Quality of Papaya Quality with Vacuum Frying. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian.*, 3, pp. 221-233.
- [19] JUIKAR, S.J. and VIGNESHWARAN, N. (2017) Extraction of nanolignin from coconut fibers by controlled microbial hydrolysis. *Industrial Crops and Products*, 109, pp. 420-425.
- [20] DE OLIVEIRA, D.M., HILÁRIO CIOFFI, M.O., DE CARVALHO BENINI, K.C.C., and CORNELIS VOORWALD, H.J. (2017) Effects of plasma treatment on the sorption properties of coconut fibers.

Procedia Engineering, 200, pp. 357-364.

[21] DA SILVA, E.J., MARQUES, M.L., VELASCO, F.G., FORNARI JUNIOR, C., LUZARDO, F.M., and TASHIMA, M.M.

(2017) A new treatment for coconut fibers to improve the properties of cement-based composites – Combined effect of natural latex/pozzolan materials. *Sustainable Materials and Technologies*, 12, pp. 44-51.

[22] MUENSRI, P., KUNANOPPARAT, T., MENUT, P., and SIRIWATTANAYOTIN, S. (2011) Effect of lignin removal on the properties of coconut coir fiber/wheat gluten biocomposite. *Composites: Part A*, 42 (2), pp. 173-179.

[23] LERTWATTANARUK, P. and SUNTIJITTO, A. (2015) Properties of natural fiber cement materials containing coconut coir and oil palm fibers for residential building applications. *Construction and Building Materials*, 94, pp. 664-669.

[24] KORNIEJENKO, K., FRĄCZEK, E., PYTLAK, E., and ADAMSKI, M. (2016) Mechanical Properties of Geopolymer Composites Reinforced with Natural Fibers. *Procedia Engineering*, 151, pp. 388-393.

[25] RIYADH, S.M., KHALIL, K.D., and BASHAL, A.H. (2020) Structural properties and catalytic activity of binary poly (Vinyl alcohol)/Al₂O₃ nanocomposite film for synthesis of thiazoles. *Catalysts*, 10 (1), 100.

[26] ASTM INTERNATIONAL (1989) *Standard Test Method for Tensile Strength and Young's Modulus for High-Modulus Single-Filament Materials*. West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM International.

[27] BELGACEM, M.N. and GANDINI, A. (2005) The surface modification of cellulose fibres for use as reinforcing elements in composite materials. *Composite Interfaces*, 12 (1-2), pp. 41-75.

[28] KABIR, M.M., WANG, H., LAU, K.T., and CARDONA, F. (2013) Effects of chemical treatments on hemp fibre structure. *Applied Surface Science*, 276, pp. 13-23.

[29] RAHARJO, W.W., SOENOKO, R., IRAWAN, Y.S., and SUPRAPTO, A. (2017) The Influence of Chemical Treatments on Cantala Fiber Properties and

Interfacial Bonding of Cantala Fiber/Recycled High Density Polyethylene (rHDPE). *Journal of Natural Fibers*, 15 (1), pp. 1-14.

[30] RAHARJO, W.P., SOENOKO, R., PURNOWIDODO, A., and CHOIRON, M.A. (2018) Experimental and micromechanical modelling of randomly oriented zalacca fibre/low-density polyethylene composites fabricated by hot-pressing method. *Cogent Engineering*, 5 (1), pp. 1-14.

[31] SAWPAN, M.A., PICKERING, K.L., and FERNYHOUGH, A. (2011) Effect of various chemical treatments on the fibre structure and tensile properties of industrial hemp fibres. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 42 (8), pp. 888-895.

[32] ORUE, A., JAUREGI, A., PEÑA-RODRIGUEZ, C., LABIDI, J., ECEIZA, A., and ARBELAIZ, A. (2015) The effect of surface modifications on sisal fiber properties and sisal/poly (lactic acid) interface adhesion. *Composites Part B: Engineering*, 73, pp. 132-138.

[33] TRAN, T.P.T., BÉNÉZET, J.C., and BERGERET, A. (2014) Rice and Einkorn wheat husks reinforced poly(lactic acid) (PLA) biocomposites: Effects of alkaline and silane surface treatments of husks. *Industrial Crops and Products*, 58, pp. 111-124.

[34] TSERKI, V., ZAFEIROPOULOS, N.E., SIMON, F., and PANAYIOTOU, C. (2005) A study of the effect of acetylation and propionylation surface treatments on natural fibres. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 36 (8), pp. 1110-1118.

[35] PALUNGAN, M.B., SOENOKO, R., IRAWAN, Y.S., and PURNOWIDODO, A. (2017) The effect of fumigation treatment towards agave cantala Roxb fibre strength and morphology. *Journal of Engineering Science and Technology*, 12 (5), pp. 1399-1414.

[36] GIERLINGER, N., GOSWAMI, L., SCHMIDT, M., BURGERT, I., COUTAND, C., ROGGE, T., and SCHWANNINGER, M. (2008) In situ FT-IR microscopic study on enzymatic treatment of poplar wood cross-

sections. *Biomacromolecules*, 9 (8), pp.

2194-2201.

[37] LI, W., MENG, L., and MA, R. (2016) Effect of surface treatment with potassium permanganate on ultra-high molecular weight polyethylene fiber reinforced natural rubber composites. *Polymer Testing*, 55, pp. 10-16.

[38] BORDOLOI, S., HUSSAIN, R., GARG, A., SREEDEEP, S., and ZHOU, W.-H. (2017) Infiltration characteristics of natural fiber reinforced soil. *Transportation Geotechnics*, 12, pp. 37-44.

参考文献:

■ RODIAWAN, R., SUHDI, S. 和 ROSA, F. (2017) 从机械强度判断天然纤维作为复合增强剂的性能分析。默罕默迪亚地铁 (穆罕默迪亚地铁大学机械工程的涡轮增压涡轮增压杂志), 5 (1), 第 39-43 页。

■ MWAIKAMBO, L.Y. 和 ANSELL, M.P. (2002) 通过碱化对大麻, 剑麻, 黄麻和木棉纤维进行化学修饰。应用高分子科学杂志, 84 (12), 第 2222-2234 页。

■ SURYANTO, H., MARSYAHYO, E., IRAWAN, Y.S., 和 SOENOKO, R. (2014) 碱处理对门东 (球兆字节) 秸秆纤维素纤维晶体结构的影响。关键工程材料, 594-595, 第 720-724 页。

■ SOOD, M. 和 DWIVEDI, G. (2018) 纤维处理对天然纤维增强复合材料弯曲性能的影响: 综述。埃及石油杂志, 27 (4), 第 775-783 页。

■ M. MUSLIMIN, K. KAMIL, S.A.S. BUDY, 和 I.N.G. WARDANA. (2019) 液体烟雾对西米纤维化学成分和热性能的影响。西南交通大学学报, 54 (6)。

可从 <http://jsju.org/index.php/journal/article/view/7417> 获得。

■ PONOROGO, S. (2017) 印度尼西亚, 世界上最大的椰子生产国。波诺罗戈摄影。

■ WIELAGE, B., LAMPKE, T., MARX, G., NESTLER, K., 和 STARKE,

D. (1999) 天然纤维和聚丙烯的热重和差示扫描量热分析。热化学学报 (337) (1-2), 第 169-177 页。

■ H. ESSABIR, R. BOUJMAL, B. BENSALAH, D. RODRIGUE, R. BOUHFI, 和 QAIS, A.E.K. (2016) 杂化复合材料的机械和热性能: 油棕纤维/粘土增强高密度聚乙烯。材料力学, 98, 第 36-43 页。

■ NOPPARUT, A. 和 AMORNSAKCHAI, T. (2016) 菠萝叶纤维及其表面处理对注塑尼龙复合材料分子取向和力学性能的影响。聚合物测试, 52, 第 141-149 页。

■ ALSHAAER, M., MALLOUH, S.A.A., AL-KAFAWEIN, J.K., AL-FAIYZ, Y.S., FAHMY, T.P., KALLEL, A. 和 ROCHA, F. (2017) 丝瓜圆柱的制造, 微结构和机械表征纤维-增强的地质聚合物复合材料。应用粘土科学, 143, 第 125-133 页。

■ RASHID, B., LEMAN, Z., JAWAID, M., GHAZALI, M.J., ISHAK, M.R., 和 ABDELGNEI, M.A. (2017) 未经处理和处理过的糖棕纤维填充酚醛复合材料的干式滑动磨损行为。380-381, 第 26-35 页。

■ HAILONG, W., YUINGING, L., GUANGYU, P., XIAYUN, S., 和 QIMING, Y. (2017) 掺合料对纤维增强水泥基复合材料拉伸性能的影响。西南交通大学学报, 52 (1), 第 61-68 页。

■ MADHU, P., SANJAY, M.R., SENTHAMARAIKANNAN, P., PRADEEP, S., SARAVANAKUMAR, S.S., 和 YOGESHA, B. (2019) 关于商业化天然纤维的合成和表征的综述: 第一部分。天然纤维杂志, 16 (8), 第 1132-1144 页。

■ MARDIN, H., WARDANA, I.N.G., PRATIKTO, SUPRAPTO, W., 和 KAMIL, K. (2016) 糖棕榈纤维表面对与天然西米基质的界面结合的影响。材料科学与工程进展, 2016, 9240416。

■ POJOH, B. (2017) 浸泡在河水和海

水中对友本的佩通竹筋的复原力的影响。彭尼利安·泰尼克工业报（工业工程研究杂志），9（1），第 37-48 页。

▣ SURIANI, E. (2018) 印度尼西亚竹木保存过程中变异方法和防腐剂的研究。埃马拉：印尼建筑学报，4（1），第 54-64 页。

▣ FRANSISKA, D., PERMATASARI, A.I., HARYATI, S., 和 MUNANDAR, A. (2014) 在生产含藻酸盐的速溶布丁粉的生产中添加碳酸钙。帕斯卡帕南（帕斯卡帕嫩嫩）和生物技术（生物技术科劳坦）和佩里卡南（佩里卡南），9（1），第 69-81 页。

▣ YUNUS, R., SYAM, H., 和 JAMALUDDIN, J.P. (2018) 真空油炸时，钙（哦）2石灰石灰溶液中污垢的百分率和持续时间对木瓜品质的影响。波斯尼亚法律期刊，3，第 221-233 页。

▣ JUIKAR, S.J. 和 VIGNESHWARAN, N. (2017) 通过控制微生物水解从椰子纤维中提取纳米木质素。工业作物和产品，109，第 420-425 页。

▣ DE OLIVEIRA, D.M., HILÁRIOCIOFFI, M.O., DE CARVALHO BENINI, K.C.C., 和 CORNELIS VOORWALD, H.J. (2017) 等离子处理对椰子纤维吸附性能的影响。过程工程，200，第 357-364 页。

▣ E.J. DA SILVA, M.L. MARQUES, F.G. VELASCO, C. FORNARI JUNIOR, F.M. LUZARDO, 和 M.M. TASHIMA. (2017) 一种针对椰子纤维的新处理方法，以改善水泥基复合材料的性能-天然乳胶/火山灰材料的综合效果。可持续材料与技术，12，第 44-51 页。

▣ MUENSRI, P., KUNANOPPARAT, T., MENUT, P., 和 SIRIWATTANAYOTIN, S. (2011) 木质素去除对椰子纤维/小麦面筋生物复合材料性能的影响。复合材料：一个部分，42（2），第 173-179 页。

▣ LERTWATTANARUK, P. 和 SUNTIJITTO, A. (2015) 天然纤维水

泥材料的特性，其中包含椰子纤维和油棕纤维，用于住宅建筑。建筑与建材，94，第 664-669 页。

▣ K. KORNIEJENKO, E. FRZECZEK, E. PYTLAK, 和 M. ADAMSKI. (2016) 天然纤维增强的地聚合物复合材料的机械性能。过程工程，151，第 388-393 页。

▣ RIYADH, S.M., KHALIL, K.D., 和 BASHAL, A.H. (2020) 二元聚（乙烯醇/氧化铝纳米复合薄膜的结构性质和催化活性，用于合成噻唑。催化剂，10（1），100。

▣ 美国材料试验学会国际（1989）高模量单丝材料的拉伸强度和杨氏模量的标准测试方法。宾夕法尼亚州西孔舒霍肯：美国材料试验学会国际。

▣ BELGACEM, M.N. 和 GANDINI, A. (2005) 纤维素纤维的表面改性，用作复合材料中的增强元素。复合接口，12（1-2），第 41-75 页。

▣ KABIR, M.M., WANG, H., LAU, K.T., 和 CARDONA, F. (2013) 化学处理对大麻纤维结构的影响。应用表面科学，276，第 13-23 页。

▣ RAHARJO, W.W., SOENOKO, R., IRAWAN, Y.S. 和 SUPRPTO, A.

(2017) 化学处理对坎塔拉纤维性能和坎塔拉纤维/再生高密度聚乙烯（高密度聚乙烯）的界面结合的影响。天然纤维杂志，15（1），第 1-14 页。

▣ RAHARJO, W.P., SOENOKO, R., PURNOWIDODO, A., 和 CHOIRON, M. (2018) 通过热压法制备的随机取向的扎拉卡纤维/低密度聚乙烯复合材料的实验和微观力学模型。有说服力的工程，5（1），第 1-14 页。

▣ SAWPAN, M.A., PICKERING, K.L., 和 FERNYHOUGH, A. (2011) 各种化学处理对工业大麻纤维纤维结构和拉伸性能的影响。复合材料一个部分：应用科学与制造，42（8），第 888-895 页。

▣ ORUE, A., JAUREGI, A., PEÑA-RODRIGUEZ, C., LABIDI, J., ECEIZA, A., 和 ARBELAIZ, A.

(2015) 表面修饰对剑麻纤维特性和剑麻/的影响聚(乳酸)界面的附着力。复合材料乙部分: 工程学, 73, 第 132-138 页。

▣ TRAN, T.P.T., BÉNÉZET, J.C., 和 BERGERET, A. (2014) 稻米和Einkorn小麦壳增强的聚乳酸(解放军)生物复合材料: 壳的碱和硅烷表面处理的影响。工业作物和产品, 58, 第 111-124 页。

▣ TSERKI, V., ZAFEIROPOULOS, N.E., SIMON, F., 和 PANAYIOTOU, C. (2005) 对天然纤维的乙酰化和丙酰化表面处理效果的研究。复合材料一个部分: 应用科学与制造, 36 (8), 第 1110-1118 页。

▣ PALUNGAN, M.B., SOENOKO, R., 伊拉旺, Y.S. 和 PURNOWIDODO, A. (2017) 熏蒸处理对龙舌兰罗克斯纤维强度和形态的影响。工程科学与技术学报, 12 (5), 第 1399-1414 页。

▣ GIERLINGER, N., GOSWAMI, L., SCHMIDT, M., BURGERT, I., COUTAND, C., ROGGE, T., 和 SCHWANNINGER, M. (2008) 酶法原位红外光谱显微镜研究杨木横断面的处理。生物大分子, 9 (8), 第 2194-2201 页。

▣ LI, W., MENG, L., 和 MA, R. (2016) 高锰酸钾表面处理对超高分子量聚乙烯纤维增强天然橡胶复合材料的影响。聚合物测试, 55, 第 10-16 页。

▣ BORDOLOI, S., HUSSAIN, R., GARG, A., SREDEEP, S., 和 ZHOU, W.-H. (2017) 天然纤维增强土壤的入渗特性。交通地球技术, 12, 第 37-44 页。

PAPER • OPEN ACCESS

Effect of limestone mass concentration on tensile strength and surface morphology of coconut fiber

To cite this article: Sutrisno et al 2021 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **1034** 012168

View the [article online](#) for updates and enhancements.



Effect of limestone mass concentration on tensile strength and surface morphology of coconut fiber

Sutrisno¹, Rudy Soenoko², Yudy Surya Irawan², Teguh Dwi Widodo²

¹ Department of Mechanical Engineering, Merdeka University, Jl. Serayu 79 Taman, Madiun, Indonesia;

Email: sutrisno@unmer.madiun.ac.id

² Department of Mechanical Engineering, Brawijaya University, Jl. M. T. Haryono 169, Malang, Indonesia

Abstract. The material processing technology was developed to answer the increasing material needs. The material developed is a composite material based on natural fibers. Among many natural fibers and maximum utilization is coconut fiber. This study aims to determine the effect of limestone as a medium for coconut fiber immersion on the tensile strength of a single fiber and the surface morphology of the fiber. Coconut fiber that has been cleaned is soaked in a solution of lime water for 8 hours with a variation of lime content: 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, and 10%. Coconut fiber that has been processed is tested by testing a single fiber and SEM. The results obtained from testing a single fiber with 5% limestone content for 8 hours total tensile strength of 236.27 MPa. The tensile strength without treatment, 5% limestone, 7.5% limestone, and 10% limestone are 172,15 MPa, 204.37 MPa, 199.73 MPa and 180.32 MPa. The surface morphology of the fibers with limestone treatment becomes rougher.

Keywords: coconut fiber, limestone, tensile strength, scanning electron microscopy

1. Introduction

The development of technical materials today leads to the discovery and exploitation of natural materials or cellulose-based biomaterials that have beneficial aspects both in terms of technology, economy and environment [1]. Industrial countries, for example, are Japan which has utilized natural fiber-reinforced composite materials as components of car interior panels. Besides, car manufacturer Daimler-Bens has also utilized abaca fiber as a reinforcement of composite materials for the dashboard. The technology shift is based on the nature of the composite reinforced natural fibers that are more environmentally friendly [2]. This composite also has a strength ratio with a high density so that the resulting component is lighter. The industrialists use these composites as superior products according to their features. Compared to synthetic fibers, natural fibers have several advantages which include the ability to decompose by decomposing bacteria, lightweight, renewable, high mechanical properties and large numbers [3].

Research that has led to the development of composite materials has been widely carried out, especially those related to natural fiber reinforcement composites made from the polymer matrix. This research was conducted in line with the progress of exploitation of the use of natural materials in everyday life. The basic advantages possessed by natural fibers are abundant quantities, low density, low prices, can be renewed or recycled, easily obtained, have good acoustic properties, and friendly to the environment [4]. Natural fibers have several disadvantages, including non-uniform strength, high

hydrophilic properties (like water). Some natural fibers that are used as reinforcement include: pineapple fiber, kenaf fiber, sisal fiber, bamboo fiber, and coconut fiber. To obtain good mechanical properties in natural fibers treatment needs to be done. The treatment that is often used by researchers is a liquid containing alkali / NaOH [5]. Among these fibers, coconut fiber has the largest amount in Indonesia. This is due to the fact that Indonesia has the most coconut trees in the world [6]. Coconut fiber has not been used optimally and mostly used as local crafts that do not have economic value. To make coconut fiber into a good commodity, it is necessary to try to use fiber as a composite material. The use of coconut fiber as a composite material has been widely used in the interiors of the automotive industry where previously the fibers were treated with a chemical treatment to obtain strong and durable fibers [7]. Fiber processing to improve mechanical properties has been carried out, among others, by alkali treatment [8]. The use of alkali/NaOH has a bad impact on the environment. Then it is necessary to try fiber treatment using natural ingredients. Natural material used to process natural fibers to have good mechanical properties. The natural ingredients used have alkaline/basic properties. Natural ingredients that have properties such as NaOH are limestone. Where the availability of lime in Indonesia is still abundant [9]. The purpose of this study was to determine the effect of immersion coconut fiber with a certain mass content on the tensile strength with a single fiber tensile test. Fiber treatment is done by soaking coconut fiber in a solution of limestone with a certain mass.

2. Methods and Materials

Coconut coir fibers obtained from Wonogiri, Central Java, Indonesia. Fiber is taken from 12-month-old coconuts on trees that are 10-years old. Limestone obtained from the Ponorogo area, East Java, Indonesia (Table 1).

Table 1. Limestone is immersed in water with a percentage

No	Code	Description (% wt)	Length of immersion (hours)
1	0	0	0
2	1	2,5	8
3	2	5,0	8
4	3	7,5	8
5	4	10	8



Figure 1. (a) Coconut fiber which has been cleaned from meat. (b) Limestone

Coconut fiber which has been separated from the meat/washed with water until clean and then dried at room temperature. Coconut coir fiber is cured with a solution of limestone water with a percentage of limestone content: 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, and 10% with an immersion time of 8 hours. Form a single fiber testing specimen in accordance with ASTM D-3379 as shown in the Figure 2.

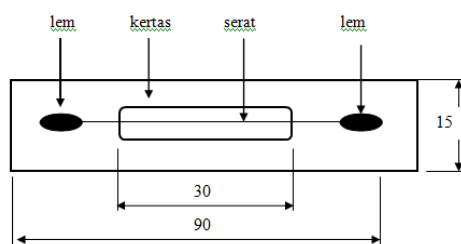


Figure 2. Model of a single fiber tensile test specimen

3. Results and Discussion

From the results of the single tensile test, it can be seen that the greatest tensile stress is found in the treatment or immersion of 5% limestone solution that is 236.27 MPa with a strain of 0.76%, and the Modulus of Elasticity of 0.17 GPa (Figure 3). The smallest tensile stress is found in the immersion of 10% limestone solution, which is 172.15 MPa, with a strain of 0.83% and modulus of elasticity of 0.12 GPa. Figure 4 shows that the best tensile strength is found in the immersion of the fiber with a concentration of 5% limestone. The increase in tensile strength in the treatment of limestone 5% with an immersion time of 8 hours is due to the loss of some components and other impurities in fibers such as lignin, pectin, wax and others. The tensile strength of fibers with 5% limestone mass immersion media treatment due to the treatment of fiber causes increased crystallinity [10]. While the decrease in fiber strength in the 10% limestone immersion treatment with an immersion time of 8 hours may be caused due to damage or reduction of some reinforcing elements such as holocellulose, alpha-cellulose, hemicellulose and cellulose which have degraded. The decrease in tensile strength of the fiber along with the increasing concentration of NaOH is also suspected by the breaking of bonds between cellulose fiber molecules. And at the micro scale there is an excessive process of opening the fiber which causes the breakdown of a single fiber into microfibrils due to the dissolution of lignin as a binder. The treatment of coconut coir fiber immersion at high concentrations with a long soaking time can cause fiber to degrade, resulting in a decrease in fiber strength [11].



Figure 3. Single fiber test specimen

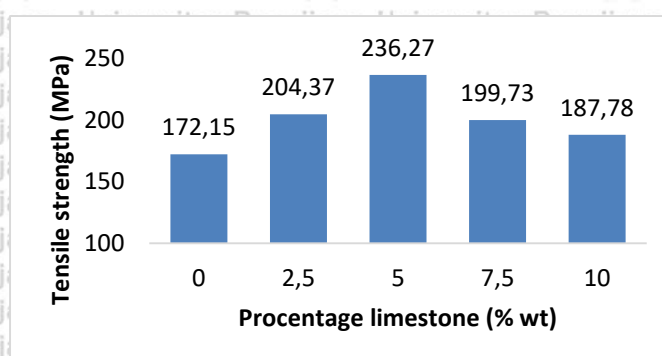


Figure 4. Graph of single fiber test results

Figure 5a shows the cross-section of coconut fiber without treatment, where there is still a lot of fiber impurities. This can be seen from the photoelectron scanning machine (SEM). Lots of dirt attached to, the dirt is thought to contain lignin that has not been separated from the fiber. Figure 5b shows a cleaner fiber surface, compared to an untreated fiber surface. This shows that the limestone water solution can remove impurities from the fiber. Calcium-containing limestone that has reacted with water can clean lignin in coconut fiber. Figure 5c shows a large fiber surface, a solution of limestone water with a mass concentration of 5% capable of removing lignin and other impurities. This can be seen in a cross-section that looks neat and orderly grooved. Figure 5d shows the damaged fiber surface. The limestone mass is higher, it produce fiber degradation and it causes the solution to become harder. This results in cellulose in the fiber being degraded. Where the cellulose element is the main element as a buffer strength in natural fibers [12].

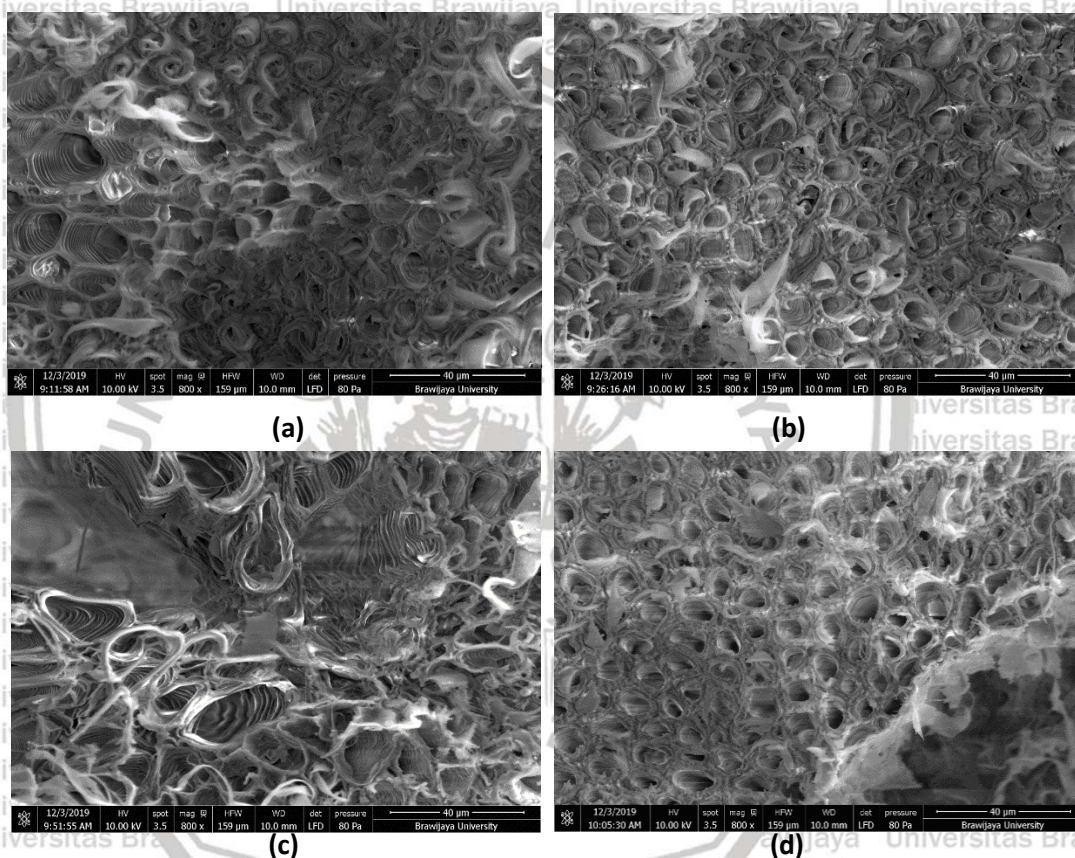


Figure 5. Cross-section of coconut fiber (a). Soaked fiber with water without limestone (b). Saturating the limestone concentration of 2.5% (c). Immersion of limestone concentration of 5% limestone (d). Immersion of limestone concentration of 10% limestone.

Figure 6 shows the fiber content without treatment and Figure 7 shows the content of coconut fiber with an immersion treatment of 5% mass of limestone. The picture was produced from the FESEM test, SEM-EDS test at the Central Laboratory of Biological Sciences, Universitas Brawijaya. The results show that the content that really distinguishes between Figures 6 and 7 is the Calcium (Ca) content. This can be clearly seen in Table 2, and Table 3, wherein Table 2 the atomic Ca is 0.05% while Table 3 is where the fiber is soaked with 5% limestone, the atomic Ca is 0.59% (Eriksson, 2016).

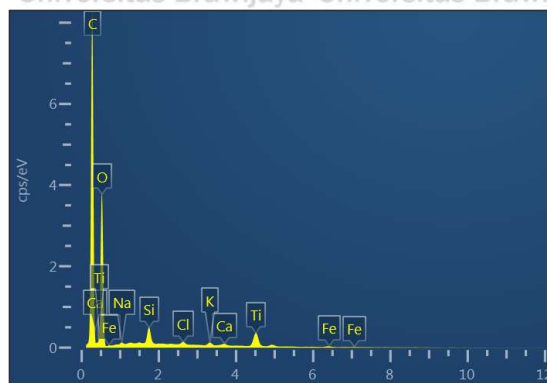


Figure 6. Figure SEM-EDS fiber without treatment (FEI- QuantaFEG 650)

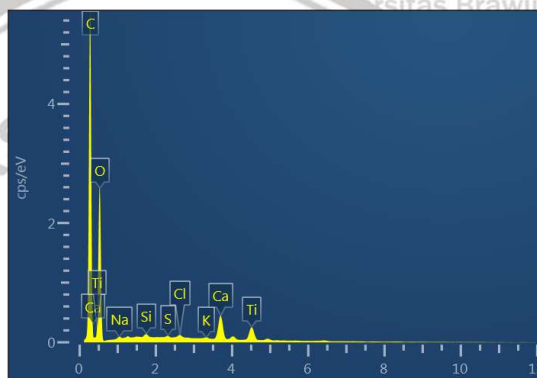


Figure 7. Figure SEM-EDS 5% limestone immersion fiber (FEI- QuantaFEG 650)

From Table 2 and Table 3, it can be found out the main element that makes the fiber stronger; the difference is the strongest, the calcium content. Womb calcium which produces hydroxyl group elements in a solution of limestone water. The hydroxyl group of solution that binds to the hydroxyl group of fibers, making the surface of the fiber rougher, cleaner and grooved [13].

Table 2. Fiber content without treatment

Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
C	K series	56.29	0.33	64.19
O	K series	40.51	0.33	34.68
Si	K series	0.68	0.02	0.33
Ti	K series	1.68	0.05	0.48
Cl	K series	0.14	0.02	0.06
K	K series	0.21	0.02	0.07
Ca	K series	0.13	0.02	0.05
Na	K series	0.15	0.03	0.09
Fe	K series	0.20	0.04	0.05
Total		100.00		100.00

Table 3. Content of 5% immersion fiber limestone

Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
C	K series	54.59	0.41	62.74
O	K series	41.72	0.41	36.00
Ca	K series	1.73	0.05	0.59
Ti	K series	1.45	0.05	0.42
Si	K series	0.11	0.02	0.05
Cl	K series	0.12	0.02	0.05
S	K series	0.09	0.02	0.04
K	K series	0.08	0.02	0.03
Na	K series	0.13	0.03	0.08
Total		100.00		100.00

The reaction between limestone and water, from which the reaction will form calcium and hydroxyl, where the hydroxyl group (OH) will bind to lignin contained in coconut fiber. This is what causes the surface of the fiber to be more rough, grooved and cleaner. Lime water content of more than 7.5% also results in damage to the surface of the fiber (cellulose is degraded). Figure 7 shows the bond between a hydroxyl group of limestone solution and a hydroxyl group on a coconut fiber. The hydroxyl group which is a balanced amount of solution and fiber causes the surface of the fiber to become rough, clean and the cellulose element is not result [11].

4. Conclusion

Based on the results of the study, it can be concluded that the solution of limestone water can be used to increase the tensile strength of coconut fiber. Limestone water solution can replace chemicals (NaOH) currently used as natural fiber treatment media. The concentration of 5% limestone mass makes maximum strength of coconut coir fiber at its maximum point, whereas in the mass concentration of more than 7.5% causes reduced strength of coconut coir fiber.

5. References

1. Ezzatahmadi, N., Ayoko, G. A., Millar, G. J., Speight, R., Yan, C., Li, J., ... Xi, Y. (2017). Clay-supported nanoscale zero-valent iron composite materials for the remediation of contaminated aqueous solutions: A review. *Chemical Engineering Journal*, 312, 336–350. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.11.154>
2. Tekieli, M., De Santis, S., de Felice, G., Kwiecień, A., & Roscini, F. (2017). Application of Digital Image Correlation to composite reinforcements testing. *Composite Structures*, 160, 670–688. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2016.10.096>
3. Suyanto, H. (2016). Review Serat Alam : Komposisi, Struktur, Dan Sifat Mekanis. October, (October), 14.
4. Bledzki, A. K., & Gassan, J. (1999). Composites reinforced with cellulose based fibres. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 24(2), 221–274. [https://doi.org/10.1016/S0079-6700\(98\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0079-6700(98)00018-5)
5. Matheus, J., Irawan, Y. S., & Soenoko, R. (2013). Pengaruh Perlakuan Silane Dan NaOH Pada Permukaan Serat Kontinyu Limbah Epulur Sagu (Metroxylon Sp) Terhadap Daya Serap Air Dan Kekuatan Bending. 4(2), 212–219.
6. Anonim. (2017). Indonesia, Negara Produsen Kelapa Terbesar di Dunia. 2016. Retrieved from databoks.katadata.co.id/datapublish/2017/01/06/indonesia-negara-produsen-kelapa-terbesar-di-dunia
7. Sood, M., & Dwivedi, G. (2017). Effect of fiber treatment on flexural properties of natural fiber reinforced composites : A review. *Egyptian Journal of Petroleum*. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.11.005>
8. Nopparut, A., & Amornsakchai, T. (2016). Influence of pineapple leaf fiber and it's surface treatment on molecular orientation in, and mechanical properties of, injection molded nylon

- composites. *Polymer Testing*, 52, 141–149.
<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2016.04.012>
9. Bendjillali, K., Goual, M. S., Chemrouk, M., & Damene, Z. (2011). Study of the reinforcement of limestone mortars by polypropylene fibers waste. *Physics Procedia*, 21, 42–46.
<https://doi.org/10.1016/j.phpro.2011.10.007>
 10. Eriksson, M. (2016). Characterization of kiln feed limestone by dynamic heating rate thermogravimetry. *International Journal of Mineral Processing*, 147, 31–42.
<https://doi.org/10.1016/j.minpro.2016.01.001>
 11. Mwaikambo, L. Y., & Ansell, M. P. (2002). Chemical modification of hemp, sisal, jute, and kapok fibers by alkalization. *Journal of Applied Polymer Science*, 84(12), 2222–2234.
<https://doi.org/10.1002/app.10460>
 12. Siad, H., Alyousif, A., Keskin, O. K., Keskin, S. B., Lachemi, M., Sahmaran, M., & Hossain, K. M. A. (2015). Influence of limestone powder on mechanical, physical and self-healing behavior of Engineered Cementitious Composites. *Construction and Building Materials*, 99, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.09.007>
 13. Torkaman, J., Ashori, A., & Sadr Momtazi, A. (2014). Using wood fiber waste, rice husk ash, and limestone powder waste as cement replacement materials for lightweight concrete blocks. *Construction and Building Materials*, 50, 432–436.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.09.044>





**LAB. KONVERSI KIMIA BIOMATERIAL
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS GADJAH MADA**

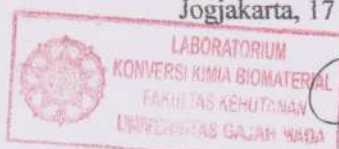
TELEPON & FAX (0274): Telp 512102, 550541, 901420 Fax: 550541, Email: fkt:ugm@indo.net.id; Tata Usaha Umum/Akademik; 901415; Divisi Kerjasama; Telp/Fax: 550543; Program D3; Telp/Fax 523553, Bag. Teknologi Hasil Hutan & Bag. Konservasi SDH; Telp 550543: 901400 & 545639; Bag. Menejemen Hutan: 901420

HASIL UJI LABORATORIUM

Nama : Sutrisno
Institusi : Prodi Teknik Mesin Univ. Merdeka madiun
Sampel : Serbuk
Nama sampel/kode : 0, 4, 8, 12, 16, 20 Jam
Jumlah sampel : 6
Parameter uji : Kadar hemiselulosa, alfa selulosa, dan lignin (SNI 0492:2008)

HASIL ANALISIS			
Pengujian			
Sampel	Hemiselulosa (%)	Selulosa (%)	Lignin (%)
0 jam	28,35	33,89	35,72
4 jam	30,49	34,27	34,16
8 jam	29,17	36,99	32,14
12 jam	34,54	32,06	32,34
16 jam	41,76	23,44	32,28
20 jam	44,10	22,65	32,29

Jogjakarta, 17 Februari 2021



Dr. Ganis Lulmandaru



MADIUN

Jl. Mayjend. Panjaitan No. 20 A Tel./Fax. (0351) 457359

Email : smkn3_madiun@yahoo.co.id

MADIUN

100

SURAT KETERANGAN

NO. 420 / *Bga* /101.6.16.9/2018

HASIL UJI AIR

LABORATORIUM INSTRUMEN SMKN 3 KIMIA MADIUN

1. SAMPEL : AIR
2. PENGIRIM : SUTRISNO
(FAK. TEKNIK MESIN UNMER MADIUN)
3. TANGGAL TERIMA : 18 Oktober 2018
4. PELAKSANAAN ANALISIS :
 - a. TANGGAL : 18 sampai 20 2018
 - b. TEMPAT : LAB. INSTRUMEN SMKN 3 MADIUN
5. Hasil Analisis

SAMPEL	pH	TDS, ppt	KADAR, ppm		
			Fe TOTAL	Ca	Mg
AIR	12.93	9.87	4.63080	33.23077	14.20615

Madiun, 22 Oktober 2018

Kepala Laboratorium Instrumen

Mengetahui
Kepala SMK Negeri 3 Madiun



[Signature]
SUNARDI, S.Pd, M.Pd
NIP. 196611161992031008

[Signature]

SUKAMTO, S.Si
NIP. 197804072014061004

Pengujian variasi prosentase berat

No	Kode	Diameter (mm)	Penampang (mm ²)	Kuat Tarik (gram.f)	Tegangan Tarik (gram/mm ²)	Mpa	Rata rata
0	a	0.09466	0.00703	1310	186238.15	186.24	172.15
	b	0.10972	0.00945	1550	164017.60	164.02	
	c	0.09014	0.00638	1060	166188.55	166.19	
	d	0.08906	0.00623	1072	172170.90	172.17	
2.5	a	0.09098	0.00650	1290	198530.94	198.53	204.37
	b	0.08820	0.00611	1250	204693.09	204.69	
	c	0.08745	0.00600	1260	209884.93	209.88	
	d	0.08178	0.00525	1073	204378.80	204.38	
5	a	0.08003	0.00503	1240	246630.28	246.63	236.37
	b	0.08843	0.00614	1470	239468.52	239.47	
	c	0.08820	0.00611	1360	222706.08	222.71	
	d	0.08546	0.00573	1357	236692.45	236.69	
7.5	a	0.08584	0.00578	1070	184984.23	184.98	199.73
	b	0.10327	0.00837	1670	199479.59	199.48	
	c	0.08714	0.00596	1283	215239.46	215.24	
	d	0.09086	0.00648	1291	199209.99	199.21	
10	a	0.08337	0.00546	980	179612.61	179.61	180.32
	b	0.09972	0.00781	1470	188314.23	188.31	
	c	0.09241	0.00670	1160	173041.55	173.04	
	d	0.09565	0.00718	1295	180314.30	180.31	

Pengujian tarik variasi lama perendaman

Kode	Kekuatan (newton)	Nilai Mulur (%)	Diameter serat (mm)	Luas Penampang serat	Kekuatan Tarik (Mpa)	Rata-rata kekuatan tarik (Mpa)
0A	3.924	4.500	0.16881	0.0224	175.41	173.84
	3.924	12.000	0.17128	0.0230	170.39	
	4.366	24.333	0.17812	0.0249	175.30	
	5.848	29.000	0.20677	0.0336	174.25	
4A	6.677	23.333	0.19241	0.0291	229.75	225.01
	6.753	29.666	0.19657	0.0303	222.63	
	5.734	26.666	0.18176	0.0259	221.10	
	9.810	17.000	0.23487	0.0433	226.54	
8A	6.658	33.833	0.18913	0.0281	237.11	234.62
	6.344	29.500	0.18689	0.0274	231.38	
	8.829	16.160	0.21876	0.0376	235.02	
	6.744	33.500	0.19122	0.0287	234.95	
12A	8.638	36.500	0.23764	0.0443	194.85	196.03
	9.620	29.333	0.25330	0.0504	191.00	
	6.867	13.666	0.20479	0.0329	208.58	
	6.867	15.000	0.21474	0.0362	189.70	
16A	6.690	35.000	0.20164	0.0319	209.61	212.23
	6.967	24.500	0.20274	0.0323	215.92	
	4.734	24.664	0.16992	0.0227	208.87	
	5.938	30.500	0.18777	0.0277	214.54	
20A	5.829	15.000	0.21416	0.0360	161.90	173.39
	6.620	34.664	0.21387	0.0359	184.37	
	4.905	9.500	0.19325	0.0293	167.31	
	5.848	15.166	0.20346	0.0325	179.96	

Data Viewer



Serat Sabut Kelapa - 0 jam.xrdml

Report

Created on: 11/13/2019 2:57:39 PM

Operator: UB

File

File name: C:\XRD Data\Konsumen\November 2019\13112019\13112019-3\Serat Sabut Kelapa - 0 jam.xrdml

Checksum: 59B0F7891B4D434DDC303444E3964ABE

File size (bytes): 25613

Time stamp

Started: 11/13/2019 2:25:05 PM

Finished: 11/13/2019 2:31:47 PM

Total time (h:m:s): 00:06:42

Comment

Serat sabut kelapa dengan perlakuan perendaman air batu kapur.

Configuration=Flat Sample Stage, Owner=User-1, Creation date=6/11/2018 12:13:15 PM

Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001

Sample stage=PW3071/xx Bracket

Diffraction system=XPRT-3

Measurement program=C:\PANalytical\Data Collector\Programs\Gonio_Scan-10-90.xrdmp,

Identifier={0F5F6DA5-EEFE-4738-BE66-0EC3D2F1C9AE}

Status

Completed

Sample

Sample type: To be analyzed

Measurement type

Single scan

Used wavelength

Data Viewer

Serat Sabut Kelapa - 0 jam.xrdml

Intended wavelength $K\alpha_1$
type:
 $K\alpha_1$ (Å): 1.540598
 $K\alpha_2$ (Å): 1.544426
 $K\alpha_2/K\alpha_1$ intensity ratio: 0.50
 $K\alpha$ (Å): 1.541874
 $K\beta$ (Å): 1.392250

Incident beam path

Radius (mm): 240.0

X-ray tube

Name: Empyrean Cu LFF HR (9430 033 7310x) DK420045

Anode material: Cu

Voltage (kV): 40.0

Current (mA): 30.0

Focus

Focus type: Line

Length (mm): 12.0

width (mm): 0.4

Take-off angle 6.0

(°):

Filter

Name: Beta-filter Nickel

Material: Ni

Thickness (mm): 0.020

Anti-scatter slit

Name: Fixed slit 2°

Type: Fixed

Height (mm): 3.03

Divergence slit

Name: Fixed slit 1°

Distance to sample 140

(mm):

Data Viewer



Serat Sabut Kelapa - 0 jam.xrdml

Type: Fixed
Height (mm): 1.52
Angle (°): 0.8709

Diffracted beam path

Radius (mm): 240.0

Anti-scatter slit

Name: AS slit 5.5 mm (X'Celerator)
Type: Fixed
Height (mm): 5.50

Detector

Name: X'Celerator Scientific
Type: RTMS detector
PHD - Lower level (%) 40.5
PHD - Upper level (%) 79.0
Mode: Scanning
Active length (°): 2.122

Source

Created by: UB
Application SW: Data Collector
vs. 5.5a
Instrument control SW: XPERT-3
vs. 7.4 20160929
Instrument ID: 0000000011218229

Comment

PHD Lower Level = 6.52 (keV), PHD Upper Level = 12.72 (keV)

Sample mode

Reflection

Scan

Start time stamp: 11/13/2019 2:25:05 PM

Data Viewer



Serat Sabut Kelapa - 0 jam.xrdml

End time stamp: 11/13/2019 2:31:47 PM

Scan axis: Gonio

Scan range (°): 10.0000 – 89.9968

Start position (°): 10.0084

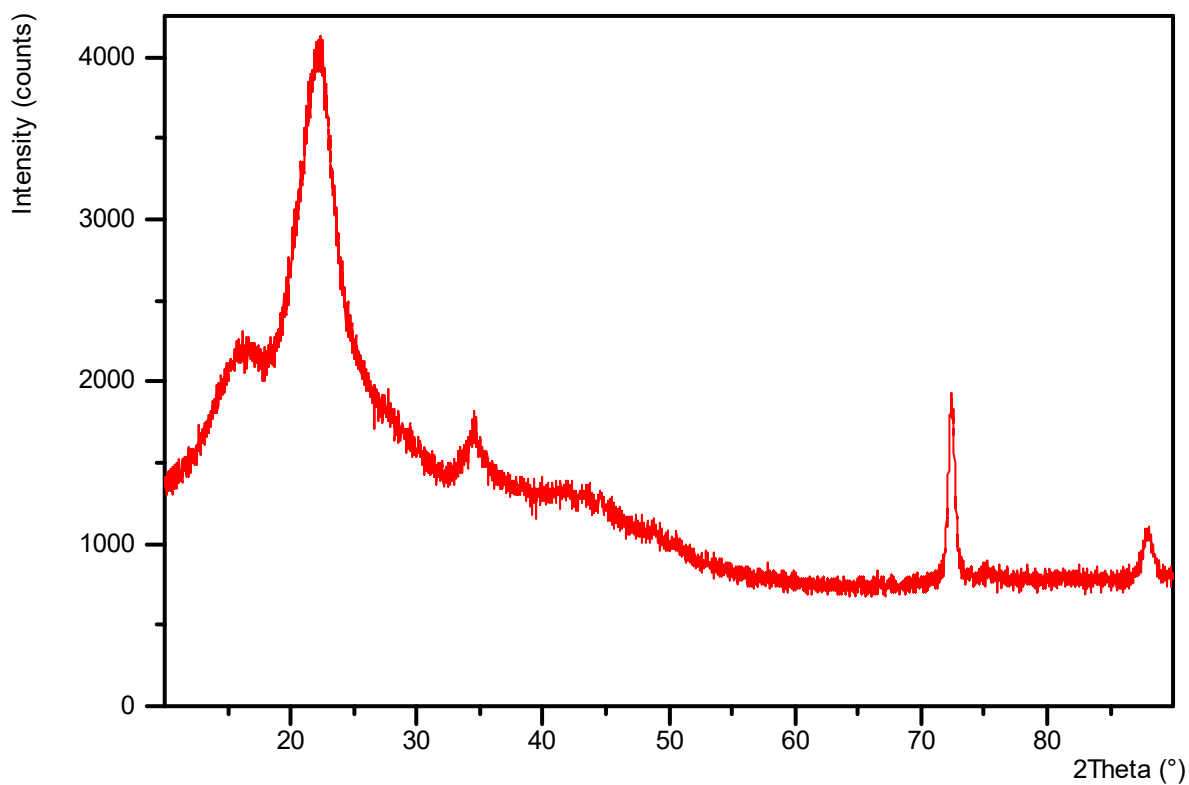
End position (°): 89.9885

Step size (°): 0.0167

No. of points: 4787

Scan mode: Continuous

Counting time (s): 10.160



Data Viewer



Serat Sabut Kelapa - 4 jam.xrdml

Report

Created on: 11/13/2019 2:58:07 PM

Operator: UB

File

File name: C:\XRD Data\Konsumen\November 2019\13112019\13112019-3\Serat Sabut Kelapa - 4 jam.xrdml

Checksum: 6E98C3897CDB787914B062A151F86236

File size (bytes): 25244

Time stamp

Started: 11/13/2019 2:34:05 PM

Finished: 11/13/2019 2:40:47 PM

Total time (h:m:s): 00:06:42

Comment

Serat sabut kelapa dengan perlakuan perendaman air batu kapur 4 jam.

Configuration=Flat Sample Stage, Owner=User-1, Creation date=6/11/2018 12:13:15 PM

Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001

Sample stage=PW3071/xx Bracket

Diffraction system=XPRT-3

Measurement program=C:\PANalytical\Data Collector\Programs\Gonio_Scan-10-90.xrdmp,

Identifier={0F5F6DA5-EEFE-4738-BE66-0EC3D2F1C9AE}

Status

Completed

Sample

Sample type: To be analyzed

Measurement type

Single scan

Used wavelength

Data Viewer



Serat Sabut Kelapa - 4 jam.xrdml

Intended wavelength $K\alpha_1$
 type:
 $K\alpha_1$ (Å): 1.540598
 $K\alpha_2$ (Å): 1.544426
 $K\alpha_2/K\alpha_1$ intensity ratio: 0.50
 $K\alpha$ (Å): 1.541874
 $K\beta$ (Å): 1.392250

Incident beam path

Radius (mm): 240.0
 X-ray tube
 Name: Empyrean Cu LFF HR (9430 033 7310x) DK420045
 Anode material: Cu
 Voltage (kV): 40.0
 Current (mA): 30.0
 Focus
 Focus type: Line
 Length (mm): 12.0
 width (mm): 0.4
 Take-off angle (°): 6.0

Filter

Name: Beta-filter Nickel
 Material: Ni
 Thickness (mm): 0.020

Anti-scatter slit

Name: Fixed slit 2°
 Type: Fixed
 Height (mm): 3.03

Divergence slit

Name: Fixed slit 1°
 Distance to sample (mm): 140

Data Viewer



Serat Sabut Kelapa - 4 jam.xrdml

Type: Fixed
Height (mm): 1.52
Angle (°): 0.8709

Diffracted beam path

Radius (mm): 240.0

Anti-scatter slit

Name: AS slit 5.5 mm (X'Celerator)
Type: Fixed
Height (mm): 5.50

Detector

Name: X'Celerator Scientific
Type: RTMS detector
PHD - Lower level (%) 40.5
PHD - Upper level (%) 79.0
Mode: Scanning
Active length (°): 2.122

Source

Created by: UB
Application SW: Data Collector
vs. 5.5a
Instrument control SW: XPERT-3
vs. 7.4 20160929
Instrument ID: 0000000011218229

Comment

PHD Lower Level = 6.52 (keV), PHD Upper Level = 12.72 (keV)

Sample mode

Reflection

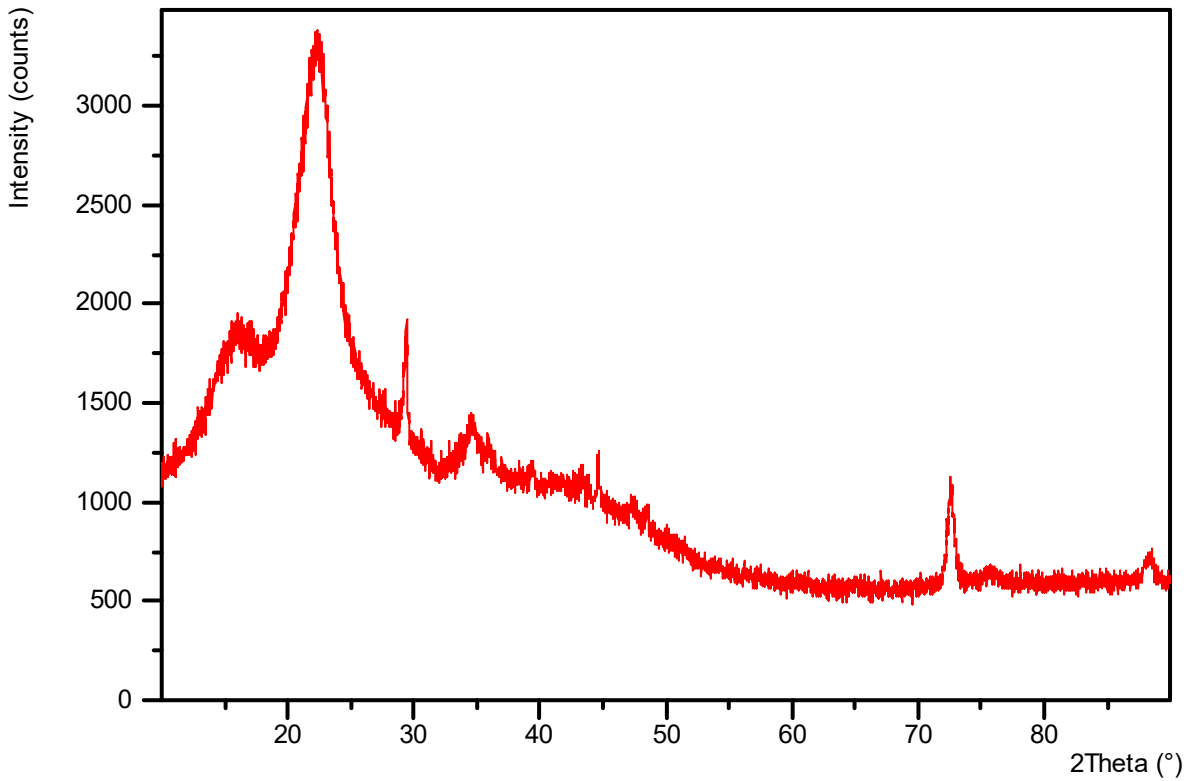
Scan

Start time stamp: 11/13/2019 2:34:05 PM

Data Viewer

Serat Sabut Kelapa - 4 jam.xrdml

End time stamp: 11/13/2019 2:40:47 PM
Scan axis: Gonio
Scan range (°): 10.0000 – 89.9968
Start position (°): 10.0084
End position (°): 89.9885
Step size (°): 0.0167
No. of points: 4787
Scan mode: Continuous
Counting time (s): 10.160



Data Viewer



Serat Sabut Kelapa - 8 jam.xrdml

Report

Created on: 11/13/2019 2:58:31 PM

Operator: UB

File

File name: C:\XRD Data\Konsumen\November 2019\13112019\13112019-3\Serat Sabut Kelapa - 8 jam.xrdml

Checksum: 06A259691C82ACF7E12E1F92F16FA72A

File size (bytes): 25389

Time stamp

Started: 11/13/2019 2:44:43 PM

Finished: 11/13/2019 2:51:23 PM

Total time (h:m:s): 00:06:40

Comment

Serat sabut kelapa dengan perlakuan perendaman air batu kapur 8 jam
Configuration=Flat Sample Stage, Owner=User-1, Creation date=6/11/2018 12:13:15 PM
Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001
Sample stage=PW3071/xx Bracket
Diffractometer system=XPERT-3
Measurement program=C:\PANalytical\Data Collector\Programs\Gonio_Scan-10-90.xrdmp,
Identifier={0F5F6DA5-EEFE-4738-BE66-0EC3D2F1C9AE}

Status

Completed

Sample

Sample type: To be analyzed

Measurement type

Single scan

Used wavelength

Data Viewer



Serat Sabut Kelapa - 8 jam.xrdml

Intended wavelength $K\alpha_1$

type:

 $K\alpha_1$ (Å): 1.540598 $K\alpha_2$ (Å): 1.544426 $K\alpha_2/K\alpha_1$ intensity ratio: 0.50

ratio:

 $K\alpha$ (Å): 1.541874 $K\beta$ (Å): 1.392250

Incident beam path

Radius (mm): 240.0

X-ray tube

Name: Empyrean Cu LFF HR (9430 033 7310x) DK420045

Anode material: Cu

Voltage (kV): 40.0

Current (mA): 30.0

Focus

Focus type: Line

Length (mm): 12.0

width (mm): 0.4

Take-off angle 6.0

(°):

Filter

Name: Beta-filter Nickel

Material: Ni

Thickness (mm): 0.020

Anti-scatter slit

Name: Fixed slit 2°

Type: Fixed

Height (mm): 3.03

Divergence slit

Name: Fixed slit 1°

Distance to sample 140

(mm):

Data Viewer



Serat Sabut Kelapa - 8 jam.xrdml

Type: Fixed
Height (mm): 1.52
Angle (°): 0.8709

Diffracted beam path

Radius (mm): 240.0

Anti-scatter slit

Name: AS slit 5.5 mm (X'Celerator)
Type: Fixed
Height (mm): 5.50

Detector

Name: X'Celerator Scientific
Type: RTMS detector
PHD - Lower level (%) 40.5
PHD - Upper level (%) 79.0
Mode: Scanning
Active length (°): 2.122

Source

Created by: UB
Application SW: Data Collector
vs. 5.5a
Instrument control SW: XPERT-3
vs. 7.4 20160929
Instrument ID: 0000000011218229

Comment

PHD Lower Level = 6.52 (keV), PHD Upper Level = 12.72 (keV)

Sample mode

Reflection

Scan

Start time stamp: 11/13/2019 2:44:43 PM

Data Viewer



Serat Sabut Kelapa - 12 jam.xrdml

End time stamp: 11/13/2019 2:51:23 PM

Scan axis: Gonio

Scan range (°): 10.0000 - 89.9968

Start position (°): 10.0084

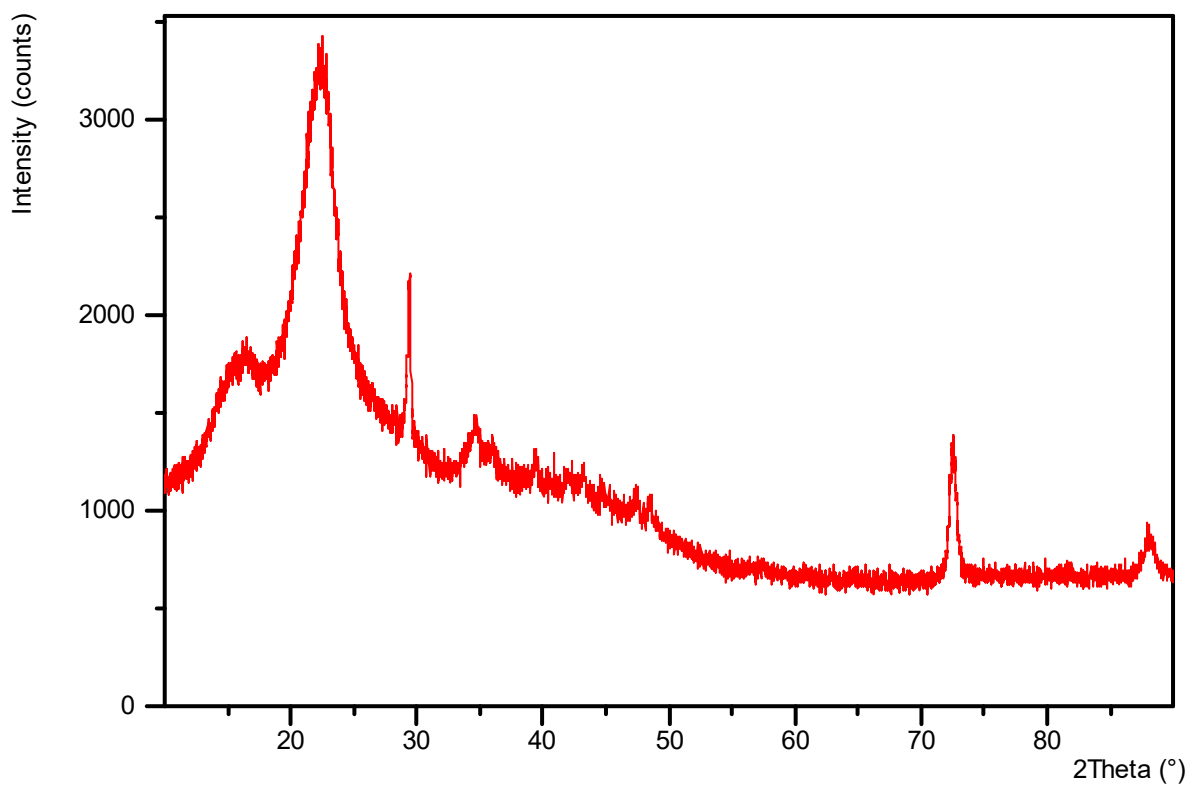
End position (°): 89.9885

Step size (°): 0.0167

No. of points: 4787

Scan mode: Continuous

Counting time (s): 10.160



Data Viewer



Serat Sabut Kelapa - 20 jam.xrdml

Report

Created on: 11/13/2019 3:16:46 PM

Operator: UB

File

File name: C:\XRD Data\Konsumen\November 2019\13112019\13112019-3\Serat Sabut Kelapa - 20 jam.xrdml

Checksum: 636BD3BA65E465FAB3BB60C0766908EC

File size (bytes): 25281

Time stamp

Started: 11/13/2019 2:57:12 PM

Finished: 11/13/2019 3:03:53 PM

Total time (h:m:s): 00:06:41

Comment

Serat sabut kelapa dengan perlakuan perendaman air batu kapur 20 jam
Configuration=Flat Sample Stage, Owner=User-1, Creation date=6/11/2018 12:13:15 PM
Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001
Sample stage=PW3071/xx Bracket
Diffractometer system=XPERT-3
Measurement program=C:\PANalytical\Data Collector\Programs\Gonio_Scan-10-90.xrdmp,
Identifier={0F5F6DA5-EEFE-4738-BE66-0EC3D2F1C9AE}

Status

Completed

Sample

Sample type: To be analyzed

Measurement type

Single scan

Used wavelength

Data Viewer



Serat Sabut Kelapa - 20 jam.xrdml

Intended wavelength $K\alpha_1$
 type:
 $K\alpha_1$ (Å): 1.540598
 $K\alpha_2$ (Å): 1.544426
 $K\alpha_2/K\alpha_1$ intensity ratio: 0.50
 $K\alpha$ (Å): 1.541874
 $K\beta$ (Å): 1.392250

Incident beam path

Radius (mm): 240.0

X-ray tube

Name: Empyrean Cu LFF HR (9430 033 7310x) DK420045
 Anode material: Cu
 Voltage (kV): 40.0
 Current (mA): 30.0
 Focus
 Focus type: Line
 Length (mm): 12.0
 width (mm): 0.4
 Take-off angle (°): 6.0

Filter

Name: Beta-filter Nickel
 Material: Ni
 Thickness (mm): 0.020

Anti-scatter slit

Name: Fixed slit 2°
 Type: Fixed
 Height (mm): 3.03

Divergence slit

Name: Fixed slit 1°
 Distance to sample (mm): 140

Data Viewer



Serat Sabut Kelapa - 20 jam.xrdml

Type: Fixed
Height (mm): 1.52
Angle (°): 0.8709

Diffracted beam path

Radius (mm): 240.0

Anti-scatter slit

Name: AS slit 5.5 mm (X'Celerator)
Type: Fixed
Height (mm): 5.50

Detector

Name: X'Celerator Scientific
Type: RTMS detector
PHD - Lower level (%) 40.5
PHD - Upper level (%) 79.0
Mode: Scanning
Active length (°): 2.122

Source

Created by: UB
Application SW: Data Collector
vs. 5.5a
Instrument control SW: XPERT-3
vs. 7.4 20160929
Instrument ID: 0000000011218229

Comment

PHD Lower Level = 6.52 (keV), PHD Upper Level = 12.72 (keV)

Sample mode

Reflection

Scan

Start time stamp: 11/13/2019 2:57:12 PM

Data Viewer



Serat Sabut Kelapa - 20 jam.xrdml

End time stamp: 11/13/2019 3:03:53 PM

Scan axis: Gonio

Scan range (°): 10.0000 - 89.9968

Start position (°): 10.0084

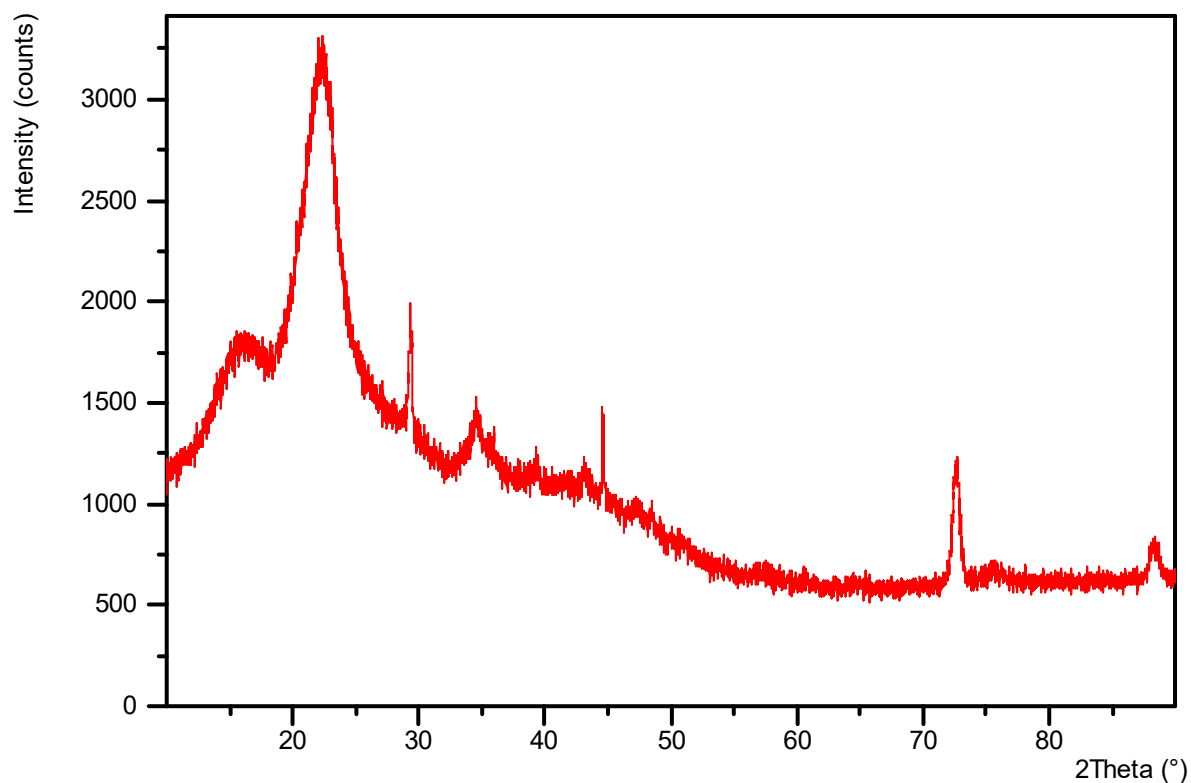
End position (°): 89.9885

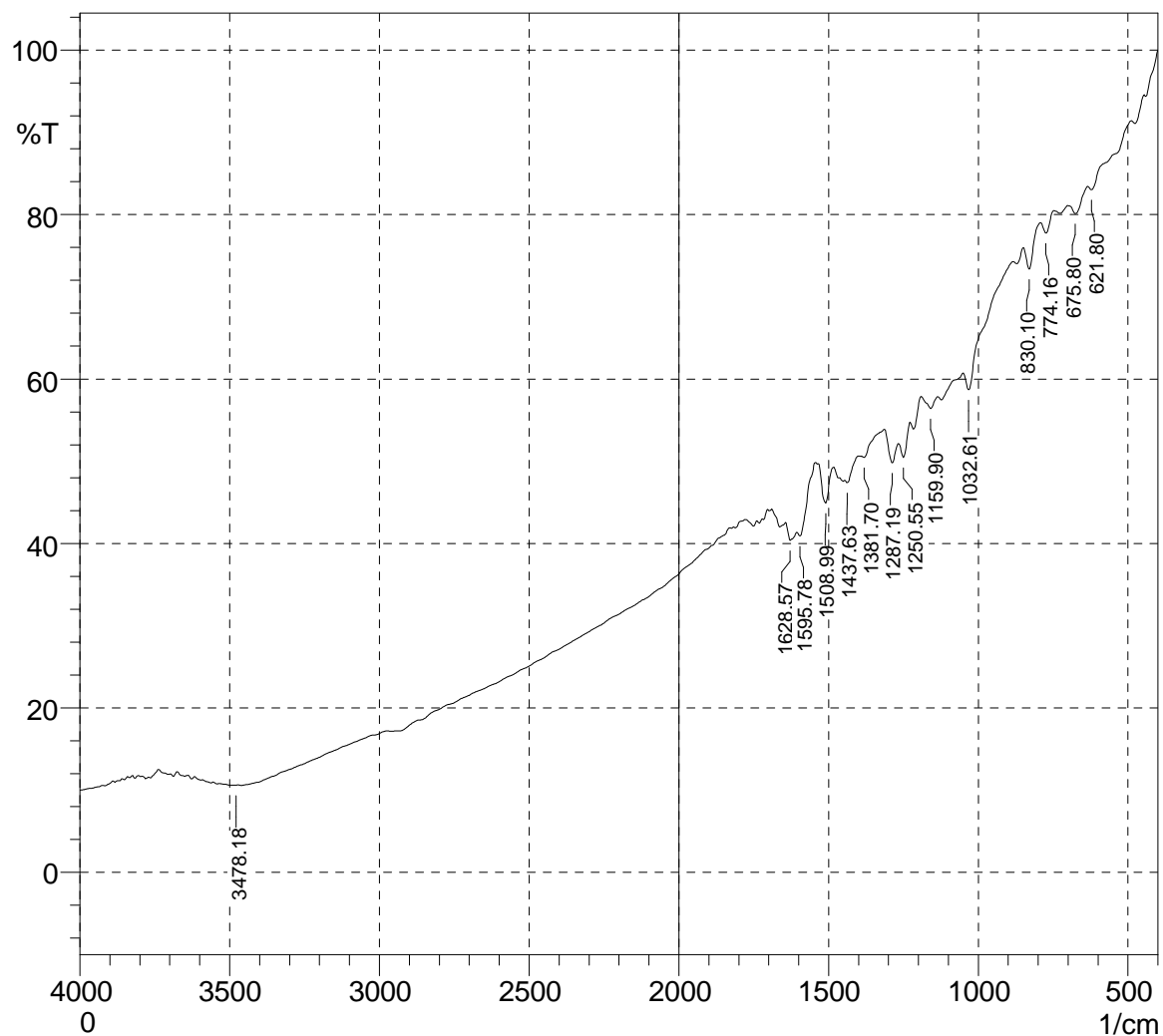
Step size (°): 0.0167

No. of points: 4787

Scan mode: Continuous

Counting time (s): 10.160





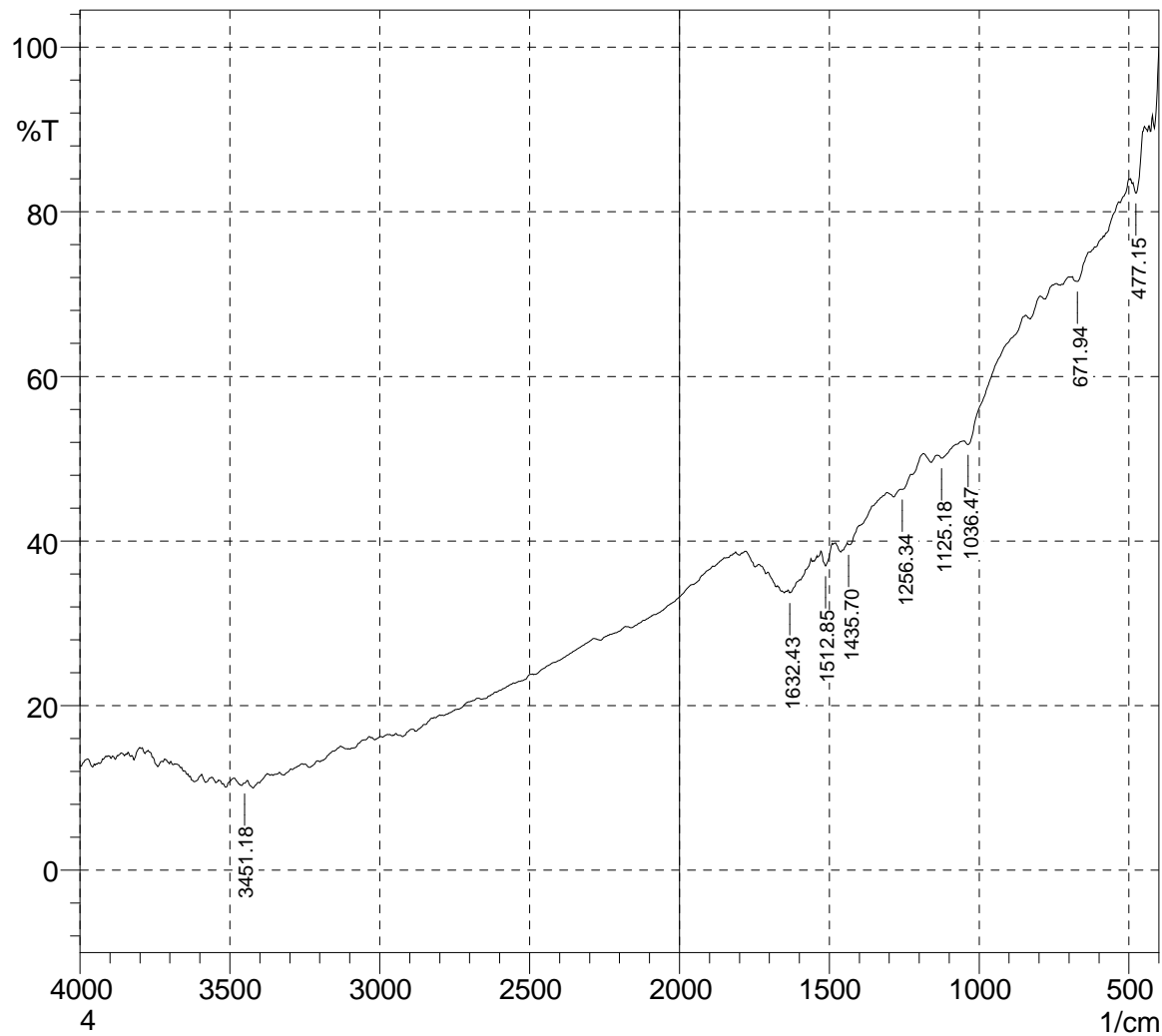
	Peak	Intensity	Corr. Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Are
1	621.8	83.024	1.14	635.3	488.72	9	0.376
2	675.8	80.114	1.874	700.87	635.3	5.891	0.327
3	774.16	77.76	1.821	791.52	747.16	4.582	0.219
4	830.1	73.383	3.604	849.38	791.52	6.876	0.463
5	1032.61	58.701	3.454	1049.97	884.1	28.577	0.569
6	1159.9	56.41	1.459	1190.76	1134.83	13.587	0.301
7	1250.55	50.49	2.694	1265.98	1227.41	10.944	0.443
8	1287.19	49.8	3.109	1314.2	1265.98	13.907	0.615
9	1381.7	50.471	0.476	1389.41	1314.2	21.108	0.059
10	1437.63	47.402	0.798	1445.35	1400.99	13.791	0.104
11	1508.99	44.939	4.54	1534.07	1483.92	16.359	1.036
12	1595.78	40.915	1.805	1605.43	1545.64	20.863	0.482
13	1628.57	40.378	0.549	1644	1624.71	7.417	0.056
14	3478.18	10.611	0.022	3489.75	3472.39	16.905	0.009

Comment; Date/Time; 11/7/2019 10:06:58 AM

No. of Scans; 10

Resolution; 4.0

User; Kimia FMIPA-UB



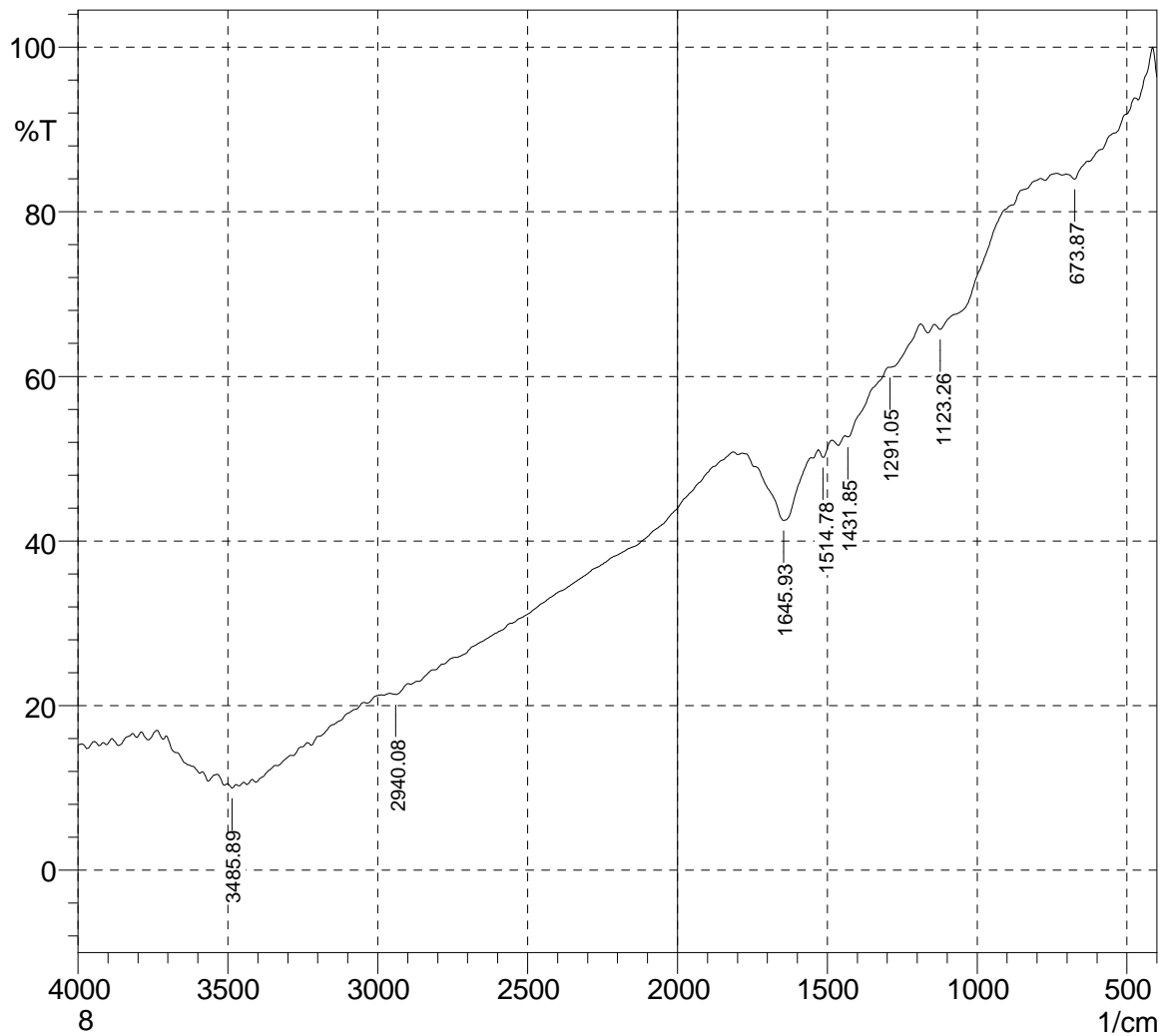
	Peak	Intensity	Corr. Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Are
1	477.15	82.2533	3.0046	486.79	448.22	2.6871	0.3335
2	671.94	71.5339	1.5489	689.3	635.3	7.4601	0.2683
3	1036.47	51.7101	1.4619	1049.97	845.53	45.2913	0.2763
4	1125.18	50.0747	0.6149	1138.69	1051.89	25.2929	0.1549
5	1256.34	46.2818	0.1285	1258.26	1227.41	10.1204	0.0565
6	1435.7	39.5601	0.4239	1439.56	1321.91	43.5431	0.1239
7	1512.85	36.9739	2.1856	1528.28	1489.71	16.1954	0.5297
8	1632.43	33.6975	0.1531	1638.21	1630.5	3.6299	0.0068
9	3451.18	10.5806	0.0661	3453.11	3441.53	11.2278	0.0241

Comment; Date/Time; 11/7/2019 10:52:18 AM

No. of Scans; 10

Resolution; 4.0

User; Kimia FMIPA-UB



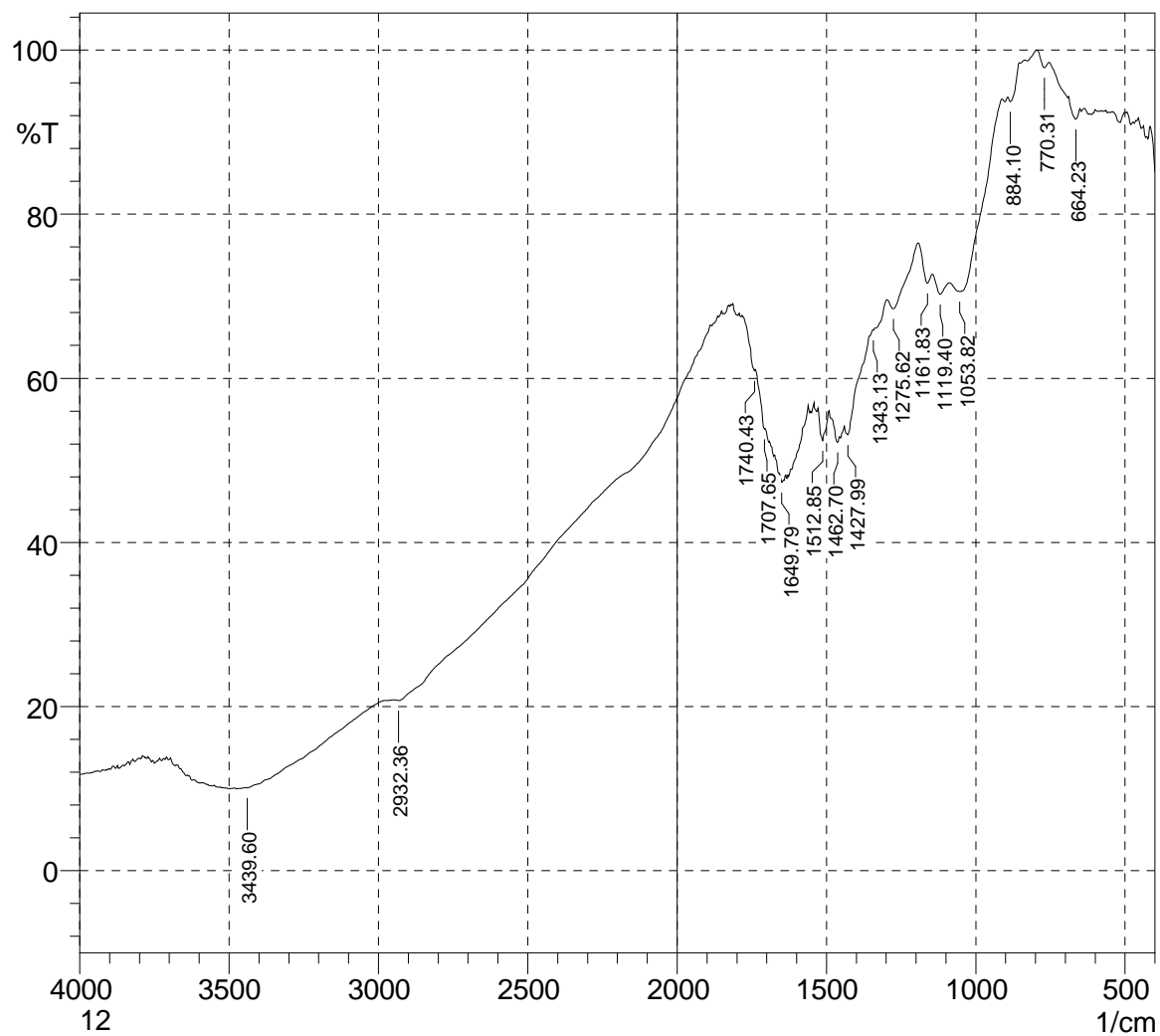
	Peak	Intensity	Corr. Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Are
1	673.87	83.9779	1.2353	702.8	631.44	5.0878	0.1803
2	1123.26	65.7239	1.4659	1140.61	787.67	44.4672	1.5153
3	1291.05	61.118	0.098	1292.98	1188.83	20.7339	0.3678
4	1431.85	52.6401	0.6945	1441.49	1292.98	36.3254	0.1506
5	1514.78	50.1461	1.3278	1530.21	1483.92	13.511	0.2345
6	1645.93	42.5116	7.0861	1740.43	1555.28	62.3888	5.9887
7	2940.08	21.3629	0.5003	2959.36	2897.64	40.834	0.3409
8	3485.89	10	0.4677	3501.32	3472.39	28.6361	0.2849

Comment; Date/Time; 11/7/2019 10:59:30 AM

No. of Scans; 10

Resolution; 4.0

User; Kimia FMIPA-UB



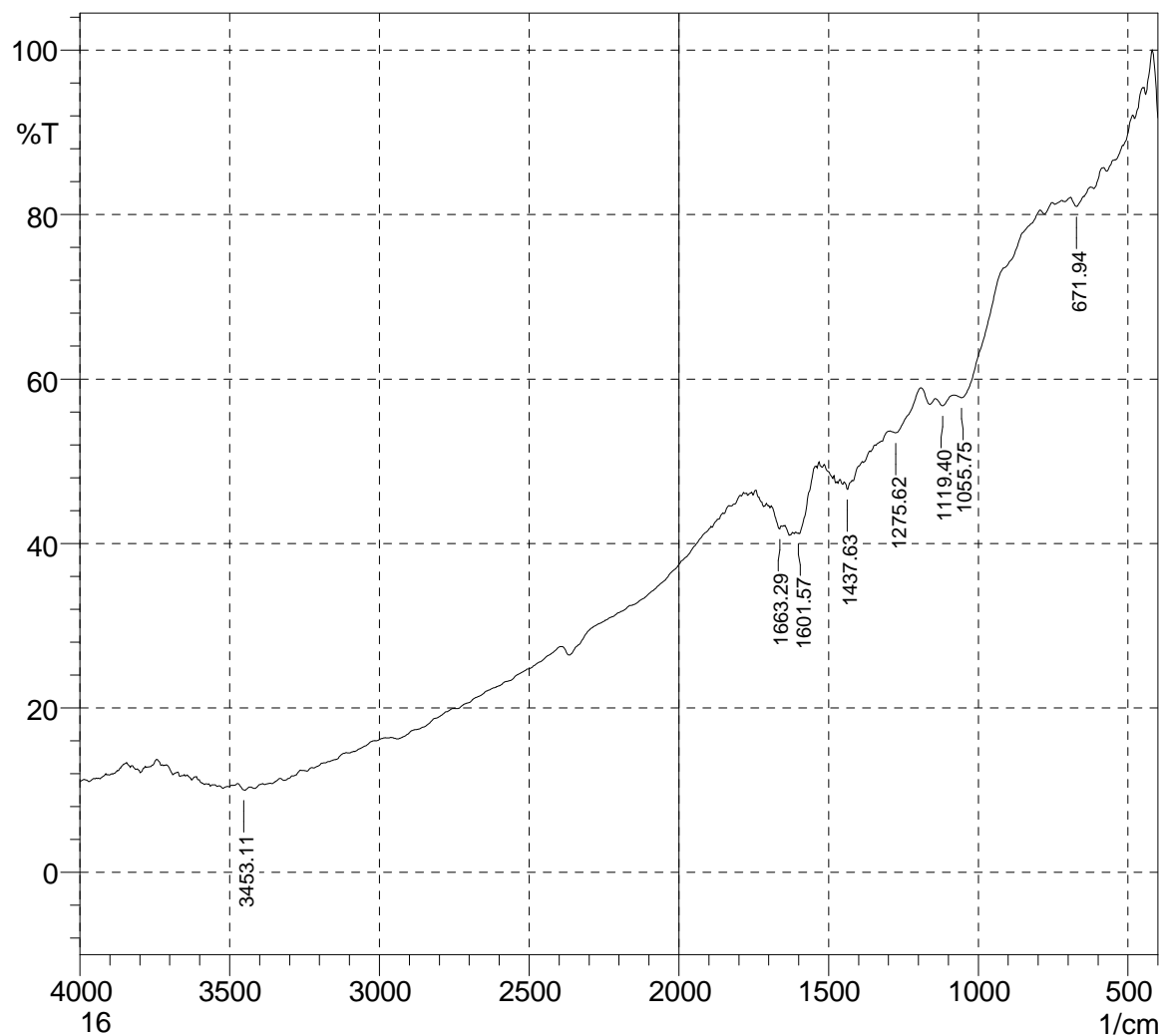
	Peak	Intensity	Corr. Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Are
1	664.23	91.5883	1.7674	689.3	650.73	1.3245	0.212
2	770.31	97.8505	1.2148	795.38	754.88	0.2438	0.11
3	884.1	93.7167	1.538	893.74	853.24	0.8558	0.1981
4	1053.82	70.5705	5.4298	1088.54	911.1	18.4702	3.2296
5	1119.4	70.2321	1.9478	1146.4	1088.54	8.5326	0.3276
6	1161.83	71.6027	2.3392	1192.69	1146.4	6.2271	0.3238
7	1275.62	68.4666	2.5164	1296.84	1192.69	15.1894	0.9226
8	1343.13	65.8811	0.1721	1345.05	1296.84	8.3128	0.1493
9	1427.99	53.1053	2.5071	1439.56	1345.05	21.3185	0.393
10	1462.7	52.2107	1.1685	1483.92	1456.92	7.3469	0.1234
11	1512.85	52.4277	3.8177	1528.28	1491.63	9.8022	0.6375
12	1649.79	47.3469	0.6238	1657.5	1644	4.3422	0.0422
13	1707.65	53.8079	0.4991	1738.51	1705.72	7.9092	-0.0043
14	1740.43	60.896	0.4614	1782.87	1738.51	8.4717	-0.0396
15	2932.36	20.7427	0.7467	2947.79	1888.94	446.0392	3.2532
16	3439.6	10.115	0.1105	3443.46	2976.72	387.5838	0.7057

Comment; Date/Time; 11/7/2019 11:10:23 AM

No. of Scans; 10

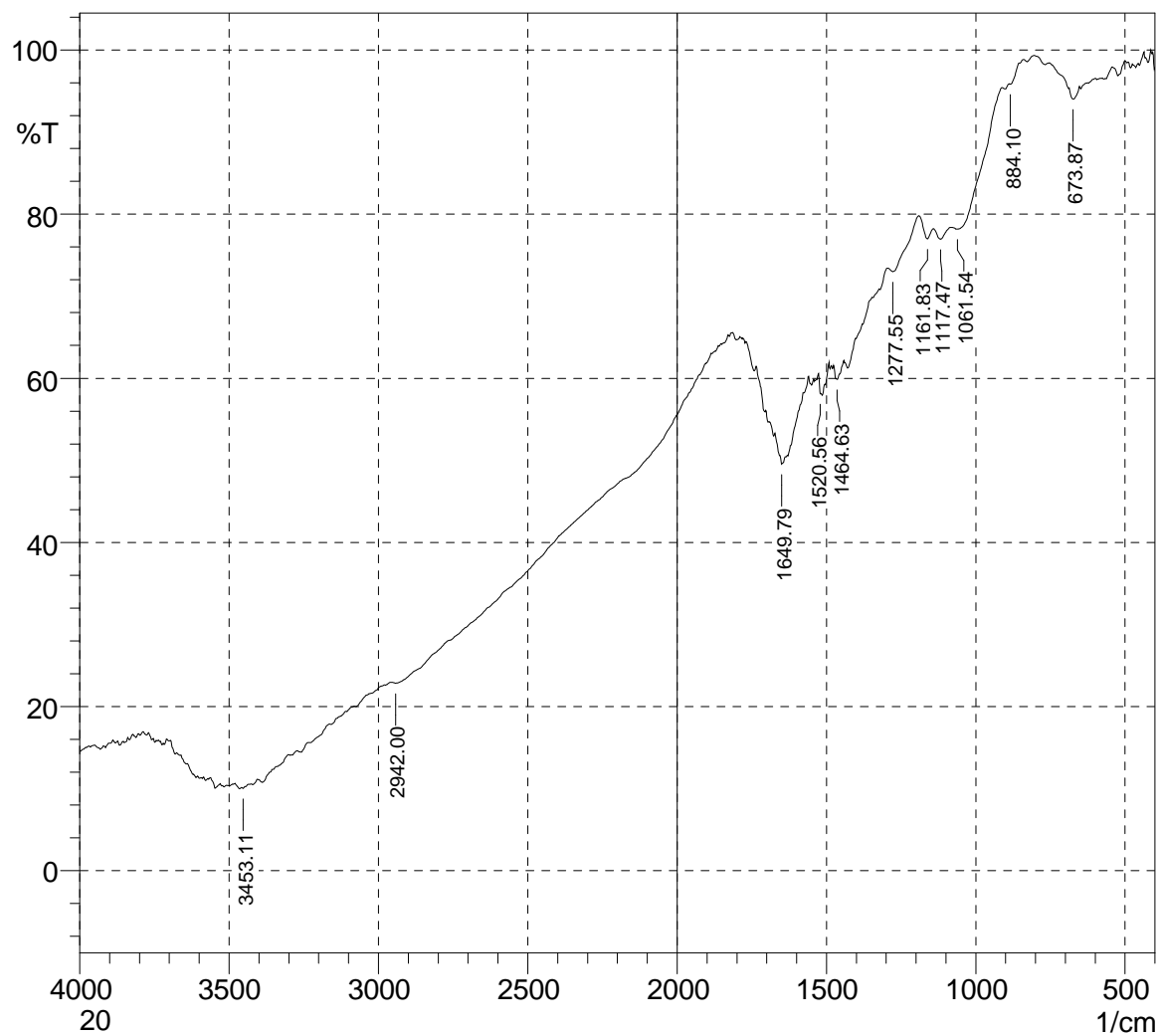
Resolution; 4.0

User; Kimia FMIPA-UB



	Peak	Intensity	Corr. Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Are
1	671.94	80.9951	1.1623	691.23	648.8	3.7684	0.1478
2	1055.75	57.7398	2.142	1078.9	795.38	45.5307	1.0002
3	1119.4	56.7709	1.0006	1142.54	1078.9	15.3446	0.2067
4	1275.62	53.4682	1.2011	1294.91	1192.69	26.1757	0.6695
5	1437.63	46.5878	0.9683	1447.27	1422.2	8.1843	0.0954
6	1601.57	41.2218	0.0802	1609.28	1599.64	3.7056	0.005
7	1663.29	41.7783	0.6459	1692.22	1659.43	12.0088	0.1021
8	3453.11	10.0226	0.0724	3474.32	3451.18	22.7461	0.0112

Comment; Date/Time; 11/8/2019 9:15:40 AM
 No. of Scans; 10
 Resolution; 4.0
 User; Kimia FMIPA-UB



	Peak	Intensity	Corr. Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Are
1	673.87	94.0033	1.4558	687.37	652.66	0.8491	0.1519
2	884.1	95.8456	0.2569	887.96	839.74	0.5568	-0.0084
3	1061.54	78.1663	1.9855	1078.9	911.1	12.0827	1.5013
4	1117.47	76.9459	1.3437	1142.54	1084.68	6.3565	0.2097
5	1161.83	76.9998	1.8536	1190.76	1142.54	5.1761	0.2423
6	1277.55	73.0015	1.5785	1296.84	1190.76	12.9161	0.603
7	1464.63	59.8792	0.2405	1466.56	1441.49	5.4147	0.0432
8	1520.56	58.1123	0.6545	1526.35	1518.64	1.7746	0.0268
9	1649.79	49.5371	1.8643	1672.93	1638.21	10.1992	0.2991
10	2942	22.8427	0.5374	2953.58	1927.52	433.6426	2.4295
11	3453.11	10.0414	0.2048	3458.89	3435.75	22.9032	0.0905

Comment; Date/Time; 11/7/2019 11:23:38 AM

No. of Scans; 10

Resolution; 4.0

User; Kimia FMIPA-UB

PERHITUNGAN BESAR ENERGI PERMUKAAN

$$\gamma_S = \gamma_{SL} + \gamma_L \cos \theta$$

Persamaan:

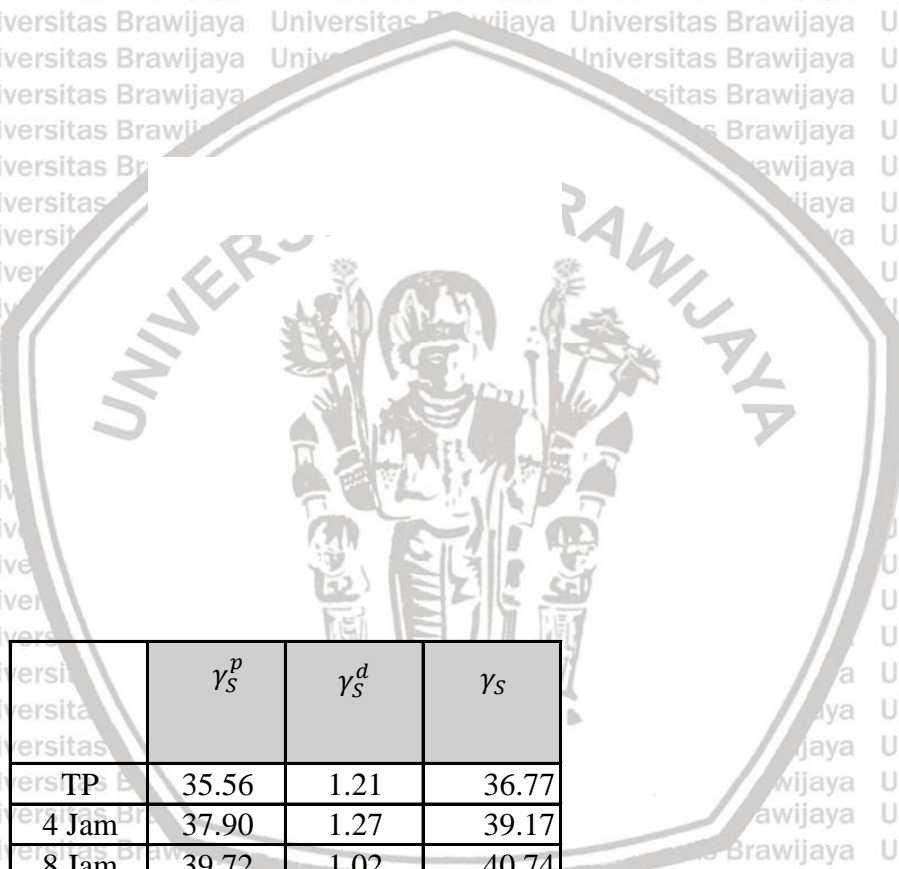
$$\gamma_{SL} = \gamma_S + \gamma_L + 2 \left[(\gamma_L^d \cdot \gamma_S^d)^{\frac{1}{2}} + (\gamma_L^p \cdot \gamma_S^p)^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$-\frac{(1 + \cos \theta) \cdot \gamma_L}{2 \sqrt{\gamma_L^d}} = \sqrt{\gamma_S^p} \cdot \sqrt{\frac{\gamma_L^p}{\gamma_L^d}} + \sqrt{\gamma_S^d} \quad X = \sqrt{\frac{\gamma_L^p}{\gamma_L^d}} \quad Y = -\frac{(1 + \cos \theta) \cdot \gamma_L}{2 \sqrt{\gamma_L^d}}$$

Cairan:

A	Air destilasi	γ_L	γ_L^d	γ_L^p
B	Ethylene glycol	72.8	21.8	51
		48	29	19

		Sdt kontak (deg)	radian	γ_L^d	γ_L^p	γ_L	X	Y	$\sqrt{\gamma_S^p}$	γ_S^p	γ_S^d	γ_S
TP	A	71.89	1.25	21.8	51	72.8	1.53	-10.22	-5.96	35.56	1.21	36.77
	B	70.76	1.23	29	19	48	0.81	-5.93				
4 Jam	A	69.37	1.21	21.8	51	72.8	1.53	-10.54	-6.16	37.90	1.27	39.17
	B	68.23	1.19	29	19	48	0.81	-6.11				
8 Jam	A	68.54	1.20	21.8	51	72.8	1.53	-10.65	-6.30	39.72	1.02	40.74
	B	68.23	1.19	29	19	48	0.81	-6.11				
12 Jam	A	69.67	1.22	21.8	51	72.8	1.53	-10.50	-6.23	38.78	0.96	39.74
	B	69.46	1.21	29	19	48	0.81	-6.02				
16 Jam	A	70.32	1.23	21.8	51	72.8	1.53	-10.42	-6.14	37.73	1.05	38.78
	B	69.76	1.22	29	19	48	0.81	-6.00				
20 Jam	A	70.43	1.23	21.8	51	72.8	1.53	-10.41	-6.17	38.05	0.95	38.99
	B	70.21	1.23	29	19	48	0.81	-5.97				



	γ_s^p	γ_s^d	γ_s
TP	35.56	1.21	36.77
4 Jam	37.90	1.27	39.17
8 Jam	39.72	1.02	40.74
12 Jam	38.78	0.96	39.74
16 Jam	37.73	1.05	38.78
20 Jam	38.05	0.95	39.00

Pengujian Tegangan Geser Variasi Lama Perendaman

Lama perendaman	Panjang serat Tertanam (mm)	Diameter serat (mm)	Beban (Newton)	Tegangan Geser (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
0	2	0.2688	5	2.962	3.02
	2	0.2213	5	3.598	
	2	0.2781	5	2.863	
	2	0.2668	5	2.985	
	2	0.2975	5	2.676	
4	2	0.2924	5	2.723	3.09
	2	0.2966	5	2.685	
	2	0.2818	5	2.826	
	2	0.2349	5	3.390	
	2	0.2067	5	3.852	
8	2	0.2191	5	3.634	3.80
	2	0.1868	5	4.262	
	2	0.2187	5	3.641	
	2	0.1922	5	4.142	
	2	0.2387	5	3.335	
12	2	0.2374	5	3.354	3.52
	2	0.2533	5	3.143	
	2	0.2047	5	3.889	
	2	0.2262	5	3.520	
	2	0.2147	5	3.708	
16	2	0.2016	5	3.949	3.47
	2	0.2017	5	3.947	
	2	0.2699	5	2.950	
	2	0.2377	5	3.350	
	2	0.2543	5	3.131	
20	2	0.2541	5	3.133	3.40
	2	0.2138	5	3.724	
	2	0.1932	5	4.121	
	2	0.2634	5	3.023	
	2	0.2654	5	3.000	